



Universidad
Carlos III de Madrid

Departamento de Ingeniería Mecánica

PROYECTO FIN DE CARRERA

PROPUESTA DE ENSAYO PARA HOMOLOGAR EL RUIDO EMITIDO POR UN VEHÍCULO AUTOMÓVIL

Autor: D. José Ángel Rodríguez Moreno

Tutor: Dr. José Antonio Calvo Ramos

Leganés, Diciembre 2010

Título: Propuesta de Ensayo para Homologar el Ruido Emitido por un Vehículo Automóvil.
Autor: D. José Ángel Rodríguez Moreno.
Director: Dr. José Antonio Calvo Ramos.

EL TRIBUNAL

Presidente: _____

Vocal: _____

Secretario: _____

Realizado el acto de defensa y lectura del proyecto Fin de Carrera el día _____ de _____ de 2010 en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE

Agradecimientos

Agradezco al profesor Dr. José Antonio Calvo Ramos y a la Universidad Carlos III de Madrid la oportunidad que me han brindado de formar parte de un estudio real con el desarrollo de este proyecto fin de carrera, relacionado con la automoción, en el que me he encontrado tan cómodo.

A mi familia y a mi pareja agradezco la enorme paciencia y el apoyo incondicional que han mostrado en todo momento.

Resumen

El ruido debido al tráfico urbano se ha convertido en una preocupación tanto para los ciudadanos que deben soportarlo como para las administraciones que deben tratar de combatirlo. Han sido muchos los esfuerzos realizados por los distintos responsables, tanto a nivel Europeo como local para tratar de reducir las molestias debidas a las emisiones sonoras en las grandes ciudades, y también ha sido muy grande el esfuerzo realizado por los fabricantes de vehículos para adaptar sus productos a las nuevas restricciones.

Con el tiempo se han reducido los niveles de emisión sonora que marca la Directiva 70/157 CEE para la homologación del ruido emitido por un vehículo. Pero estas medidas no parecen haber tenido el efecto deseado en la contaminación acústica debida al tráfico, sobretodo en el tráfico urbano que atraviesa las grandes ciudades.

Se trata, entonces, de definir un ensayo para la homologación del ruido emitido por un vehículo automóvil acorde con el tipo de circulación y las características técnicas de los vehículos actuales dado que el protocolo actual no tiene en cuenta las condiciones de funcionamiento reales en el tráfico urbano.

A fin de determinar un estilo de conducción media, acorde con los vehículos actuales y de proponer un ensayo de homologación del ruido de los automóviles, se realiza un estudio con varios vehículos y conductores/as en una zona urbana y otra de carretera ambas representativas en cuanto al nivel de ruido y el tráfico característico se refiere.

Se ha equipado a los vehículos con la instrumentación necesaria (GPS, micrófonos, cpu's, etc) para registrar los datos que se necesitan para establecer qué porcentaje del tiempo que emplean en recorrer un circuito es utilizado para engranar cada marcha, qué régimen de giro del motor utilizan con más frecuencia, cuál es la velocidad media que consiguen mantener o cuánto tiempo los vehículos están parados por los semáforos (entre otros factores).

De los valores promedio obtenidos se ha establecido el ensayo propuesto, más realista y que tiene en cuenta el comportamiento real de conductores/as actuales así como la forma de conducir que las propias vías exigen.

Índice general

	Pág.
1. Introducción	15
2. Objetivos	16
3. Estado del Arte	17
4. Homologación del Ruido de un Automóvil	24
4.1. Directiva 70/157/CEE	24
4.2. Directiva 73/350/CEE	26
4.3. Directiva 77/212/CEE	26
4.4. Directiva 81/334/CEE	27
4.5. Directiva 84/372/CEE	29
4.6. Directiva 84/424/CEE	30
4.7. Directiva 87/354/CEE	31
4.8. Directiva 89/491/CEE	31
4.9. Directiva 92/97/CEE	31
4.10. Directiva 96/20/CE	34
4.11. Directiva 1999/101/CE	35
4.12. Directiva 2006/96/CE	35
4.13. Directiva 2007/34/CE	36
5. Compatibilidades con la Directiva de Homologación de Gases y de Consumo de Carburante de un Automóvil.....	37
5.1. Directiva 70/220/CEE	37
5.2. Directiva 72/306/CEE	39
5.3. Directiva 80/1268/CEE	39
5.4. Directiva 88/77/CEE	40
6. Elección de los Conductores.....	41
7. Elección de los Circuitos	42
8. Elección de los Vehículos	45
9. Instrumentación y Montaje.....	46
10. Procedimiento de Ensayo.....	48
11. Procesado de Datos.....	49
12. Resultados	51
12.1. Seat Ibiza Gasolina	52
12.2. Seat Ibiza Diésel.....	68
12.3. Mercedes C180 Gasolina	86
12.4. Audi A4 Diésel	100
12.5. Volkswagen Golf Diésel	118
12.6. Opel Astra Gasolina	134
13. Análisis.....	150
13.1. Circuito Urbano	150
13.2. Circuito Carretera	159

14. Conclusiones.....	167
15. Propuesta de Ensayo	168
16. Líneas Futuras de Investigación	170
17. Presupuesto	171
18. Bibliografía	173

Índice de figuras

	Pág.
<i>Figura 1. Ensayo del Vehículo en Marcha Directiva 70/157/CEE.</i>	25
<i>Figura 2. Ensayo del Vehículo en Parado Directiva 70/157/CEE.</i>	25
<i>Figura 3. Ensayo del Vehículo en Parado Directiva 81/334/CEE.</i>	28
<i>Figura 4. Esquema Acondicionamiento por Pulsaciones Directiva 81/334/CEE.</i>	29
<i>Figura 5. Medición Aire Comprimido.</i>	33
<i>Figura 6. Pista de Pruebas del Ensayo del Vehículo en Marcha Directiva 92/97/CEE.</i>	34
<i>Figura 7. Ejemplo Marca de Homologación Directiva 96/20/CE.</i>	35
<i>Figura 8. Ciclo de Funcionamiento para la Prueba del Tipo I Directiva 70/220/CEE.</i>	38
<i>Figura 9. Nivel Continuo Equivalente Diurno en el Distrito Carabanchel.</i>	43
<i>Figura 10. Recorridos de los circuitos (urbano: zona superior, carretera: zona inferior).</i>	44
<i>Figura 11. Conexión ODB2-Vehículo (izquierda). ODB2 (derecha).</i>	46
<i>Figura 12. Registro de Datos que transmite el Vehículo.</i>	46
<i>Figura 13. Vbox II Lite y DAX-CL (izquierda). Instrumentación zona Acompañante (derecha).</i>	47
<i>Figura 14. Ubicación de los Micrófonos.</i>	47
<i>Figura 15. Procedimiento de Ensayo.</i>	48
<i>Figura 16. Datos del posicionamiento global de los circuitos en VboxTools.</i>	49
<i>Figura 17. Análisis de datos con el programa Famos.</i>	50
<i>Figura 18. Análisis de datos con Excel.</i>	50
<i>Figura 19. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 1: Circuito Carretera.</i>	53
<i>Figura 20. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 2: Circuito Carretera.</i>	54
<i>Figura 21. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 3: Circuito Carretera.</i>	55
<i>Figura 22. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 4: Circuito Carretera.</i>	56
<i>Figura 23. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 5: Circuito Carretera.</i>	57
<i>Figura 24. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 6: Circuito Carretera.</i>	58
<i>Figura 25. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 1: Circuito Urbano.</i>	59
<i>Figura 26. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 2: Circuito Urbano.</i>	60
<i>Figura 27. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 3: Circuito Urbano.</i>	61
<i>Figura 28. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 4: Circuito Urbano.</i>	62
<i>Figura 29. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 5: Circuito Urbano.</i>	63
<i>Figura 30. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 6: Circuito Urbano.</i>	64
<i>Figura 31. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Seat Ibiza Gasolina en el Circuito Carretera.</i>	66
<i>Figura 32. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Seat Ibiza Gasolina en el Circuito Urbano.</i>	67
<i>Figura 33. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 1: Circuito Carretera.</i>	69
<i>Figura 34. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 2: Circuito Carretera.</i>	70
<i>Figura 35. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 3: Circuito Carretera.</i>	71
<i>Figura 36. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 4: Circuito Carretera.</i>	72
<i>Figura 37. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 5: Circuito Carretera.</i>	73

<i>Figura 38. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 6: Circuito Carretera.</i>	74
<i>Figura 39. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 7: Circuito Carretera.</i>	75
<i>Figura 40. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 1: Circuito Urbano.</i>	76
<i>Figura 41. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 2: Circuito Urbano.</i>	77
<i>Figura 42. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 3: Circuito Urbano.</i>	78
<i>Figura 43. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 4: Circuito Urbano.</i>	79
<i>Figura 44. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 5: Circuito Urbano.</i>	80
<i>Figura 45. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 6: Circuito Urbano.</i>	81
<i>Figura 46. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 7: Circuito Urbano.</i>	82
<i>Figura 47. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Seat Ibiza Diésel en el Circuito Carretera.</i>	84
<i>Figura 48. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Seat Ibiza Diésel en el Circuito Urbano.</i>	85
<i>Figura 49. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 1: Circuito Carretera.</i>	87
<i>Figura 50. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 2: Circuito Carretera.</i>	88
<i>Figura 51. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 3: Circuito Carretera.</i>	89
<i>Figura 52. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 4: Circuito Carretera.</i>	90
<i>Figura 53. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 5: Circuito Carretera.</i>	91
<i>Figura 54. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 1: Circuito Urbano.</i>	92
<i>Figura 55. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 2: Circuito Urbano.</i>	93
<i>Figura 56. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 3: Circuito Urbano.</i>	94
<i>Figura 57. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 4: Circuito Urbano.</i>	95
<i>Figura 58. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 5: Circuito Urbano.</i>	96
<i>Figura 59. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Mercedes C180 Gasolina en el Circuito Carretera.</i>	98
<i>Figura 60. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Mercedes C180 Gasolina en el Circuito Urbano.</i>	99
<i>Figura 61. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 1: Circuito Carretera.</i>	101
<i>Figura 62. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 2: Circuito Carretera.</i>	102
<i>Figura 63. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 3: Circuito Carretera.</i>	103
<i>Figura 64. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 4: Circuito Carretera.</i>	104
<i>Figura 65. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 5: Circuito Carretera.</i>	105
<i>Figura 66. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 6: Circuito Carretera.</i>	106
<i>Figura 67. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 7: Circuito Carretera.</i>	107
<i>Figura 68. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 1: Circuito Urbano.</i>	108
<i>Figura 69. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 2: Circuito Urbano.</i>	109
<i>Figura 70. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 3: Circuito Urbano.</i>	110
<i>Figura 71. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 4: Circuito Urbano.</i>	111
<i>Figura 72. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 5: Circuito Urbano.</i>	112
<i>Figura 73. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 6: Circuito Urbano.</i>	113
<i>Figura 74. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 7: Circuito Urbano.</i>	114
<i>Figura 75. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Audi A4 Diésel en el Circuito Carretera.</i>	116
<i>Figura 76. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Audi A4 Diésel en el Circuito Urbano.</i>	117

<i>Figura 77. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 1: Circuito Carretera.</i>	119
<i>Figura 78. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 2: Circuito Carretera.</i>	120
<i>Figura 79. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 3: Circuito Carretera.</i>	121
<i>Figura 80. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 4: Circuito Carretera.</i>	122
<i>Figura 81. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 5: Circuito Carretera.</i>	123
<i>Figura 82. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 6: Circuito Carretera.</i>	124
<i>Figura 83. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 1: Circuito Urbano.</i>	125
<i>Figura 84. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 2: Circuito Urbano.</i>	126
<i>Figura 85. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 3: Circuito Urbano.</i>	127
<i>Figura 86. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 4: Circuito Urbano.</i>	128
<i>Figura 87. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 5: Circuito Urbano.</i>	129
<i>Figura 88. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 6: Circuito Urbano.</i>	130
<i>Figura 89. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Volkswagen Golf Diésel en el Circuito Carretera.</i>	132
<i>Figura 90. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Volkswagen Golf Diésel en el Circuito Urbano.</i>	133
<i>Figura 91. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 1: Circuito Carretera.</i>	135
<i>Figura 92. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 2: Circuito Carretera.</i>	136
<i>Figura 93. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 3: Circuito Carretera.</i>	137
<i>Figura 94. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 4: Circuito Carretera.</i>	138
<i>Figura 95. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 5: Circuito Carretera.</i>	139
<i>Figura 96. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 6: Circuito Carretera.</i>	140
<i>Figura 97. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 1: Circuito Urbano.</i>	141
<i>Figura 98. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 2: Circuito Urbano.</i>	142
<i>Figura 99. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 3: Circuito Urbano.</i>	143
<i>Figura 100. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 4: Circuito Urbano.</i>	144
<i>Figura 101. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 5: Circuito Urbano.</i>	145
<i>Figura 102. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 6: Circuito Urbano.</i>	146
<i>Figura 103. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Opel Astra Gasolina en el Circuito Carretera.</i>	148
<i>Figura 104. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Opel Astra Gasolina en el Circuito Urbano.</i>	149
<i>Figura 105. Porcentaje de Tiempo en Parado de todos los Conductores/as en cada Vehículo en el Circuito Urbano.</i>	150
<i>Figura 106. Velocidad Media de todos los Conductores/as en cada Vehículo en el Circuito Urbano.</i>	151
<i>Figura 107. Velocidad Máxima Promedio de todos los Conductores/as en cada Vehículo en el Circuito urbano.</i>	152
<i>Figura 108. Desviación Típica de la Velocidad de todos los Conductores/as en cada Vehículo en el Circuito Urbano.</i>	152
<i>Figura 109. Distribución de Probabilidad de la Velocidad en el Circuito Urbano.</i>	153
<i>Figura 110. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades de todos los Conductores/as y de todos los Vehículos en el Circuito Urbano.</i>	154
<i>Figura 111. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Revoluciones de todos los Conductores/as y de todos los Vehículos en el Circuito Urbano.</i>	154

<i>Figura 112. Porcentaje de Tiempo en cada Marcha de todos los Conductores/as y de todos los Vehículos en el Circuito Urbano.</i>	<i>155</i>
<i>Figura 113. Porcentaje de Tiempo de cada Marcha en cada Vehículo en el Circuito Urbano. .</i>	<i>156</i>
<i>Figura 114. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Aceleraciones de todos los Conductores/as y de todos los Vehículos en el Circuito Urbano.....</i>	<i>158</i>
<i>Figura 115. Velocidad Media de todos los Conductores/as en cada Vehículo del Circuito Carretera.</i>	<i>159</i>
<i>Figura 116. Velocidad Máxima Promedio de todos los Conductores/as en cada Vehículo en el Circuito Carretera.</i>	<i>160</i>
<i>Figura 117. Desviación Típica de la Velocidad de todos los Conductores/as en cada Vehículo en el Circuito Carretera.</i>	<i>160</i>
<i>Figura 118. Distribución de Probabilidad de la Velocidad en el Circuito Carretera.</i>	<i>161</i>
<i>Figura 119. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades de todos los Conductores/as y de todos los Vehículos en el Circuito Carretera.</i>	<i>162</i>
<i>Figura 120. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Revoluciones de todos los Conductores/as y de todos los Vehículos en el Circuito Carretera.</i>	<i>163</i>
<i>Figura 121. Porcentaje de Tiempo en cada Marcha de todos los Conductores/as y de todos los Vehículos en el Circuito Carretera.</i>	<i>163</i>
<i>Figura 122. Porcentaje de Tiempo de cada Marcha en cada Vehículo en el Circuito Carretera.</i>	<i>165</i>
<i>Figura 123. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Aceleraciones de todos los Conductores/as y de todos los Vehículos en el Circuito Carretera.</i>	<i>166</i>
<i>Figura 124. Propuesta de Ensayo.</i>	<i>168</i>

Índice de tablas

	Pág.
<i>Tabla 1. Límite Sonoro Directiva 70/157/CEE.</i>	24
<i>Tabla 2. Velocidad de Aproximación Directiva 70/157/CEE.</i>	25
<i>Tabla 3. Límite Sonoro Directiva 77/212/CEE</i>	26
<i>Tabla 4. Límite Sonoro Directiva 81/334/CEE.</i>	27
<i>Tabla 5. Velocidad de Aproximación Directiva 81/334/CEE.</i>	28
<i>Tabla 6. Velocidad de Aproximación Directiva 84/372/CEE.</i>	30
<i>Tabla 7. Límite Sonoro Directiva 84/372/CEE.</i>	30
<i>Tabla 8. Límite Sonoro Directiva 92/97/CEE.</i>	31
<i>Tabla 9. Velocidad de Aproximación Directiva 92/97/CEE.</i>	32
<i>Tabla 10. Evolución del Límite Sonoro de la Directiva 70/157/CEE.</i>	36
<i>Tabla 11. Fases del Ensayo de Gases de Motores Diesel Directiva 88/77/CEE.</i>	40
<i>Tabla 12. Parámetros de Medición.</i>	47
<i>Tabla 13. Resumen Datos Procesados en el Circuito Carretera del Seat Ibiza Gasolina.</i>	65
<i>Tabla 14. Resumen Datos Procesados en el Circuito Urbano del Seat Ibiza Gasolina.</i>	65
<i>Tabla 15. Resumen Datos Procesados en el Circuito Carretera del Seat Ibiza Diésel.</i>	83
<i>Tabla 16. Resumen Datos Procesados en el Circuito Urbano del Seat Ibiza Diésel.</i>	83
<i>Tabla 17. Resumen Datos Procesados en el Circuito Carretera del Mercedes C180 Gasolina. ...</i>	97
<i>Tabla 18. Resumen Datos Procesados en el Circuito Urbano del Mercedes C180 Gasolina.</i>	97
<i>Tabla 19. Resumen Datos Procesados en el Circuito Carretera del Audi A4 Diésel.</i>	115
<i>Tabla 20. Resumen Datos Procesados en el Circuito Urbano del Audi A4 Diésel.</i>	115
<i>Tabla 21. Resumen Datos Procesados en el Circuito Carretera del Volkswagen Golf Diésel. ...</i>	131
<i>Tabla 22. Resumen Datos Procesados en el Circuito Urbano del Volkswagen Golf Diésel.</i>	131
<i>Tabla 23. Resumen Datos Procesados en el Circuito Carretera del Opel Astra Gasolina.</i>	147
<i>Tabla 24. Resumen Datos Procesados en el Circuito Urbano del Opel Astra Gasolina.</i>	147

1. Introducción

El parque automovilístico ha evolucionado a lo largo del tiempo. Los vehículos disponen cada vez más de una gran cantidad de avances en cuanto a sistemas de seguridad, comportamiento dinámico, consumo y confort para los ocupantes, entre otras.

Un vehículo de 110 C.V. hace 25 años bien se merecía la calificación de vehículo deportivo, sin embargo, hoy supone la potencia media de una berlina familiar del segmento C y para ser considerado como deportivo se deben superar los 160 C.V. Esto supone un cambio en la forma de conducir, con vehículos actuales se puede mantener cada marcha engranada durante más tiempo y a una velocidad y un régimen de revoluciones más alto que hace dos o tres décadas. De tal manera, las emisiones de contaminantes y de ruido emitido pueden alcanzar valores máximos al conducir en regímenes de giro elevados. Además de transmitir al conductor/a la sensación de poder circular a una velocidad más elevada.

Por otra parte, las ciudades han ido aumentando su población y el número de vehículos que por ellas transitan. Según el “Research for the sustainable mobility” emitido por la comisión Europea para la Energía y el Transporte, más del 75% de la población de la Unión Europea vive en áreas urbanas. De tal manera, el tráfico que se genera en el interior de estas grandes urbes puede ocasionar molestias con una intensidad tan elevada que interfiera en el descanso y por lo tanto en la propia habitabilidad de las ciudades; como ocurre con las emisiones acústicas. Un nuevo ensayo para la homologación de ruido podría ser una herramienta eficaz para reducir los niveles sonoros de forma real en una gran ciudad.

El presente estudio trata de analizar la forma de conducir de un conductor promedio en las condiciones en las que el impacto acústico puede ser más acusado y así proponer un ensayo tipo para homologar el ruido de un vehículo automóvil que sustituya el actual en el que no se tiene en cuenta los diversos factores que pueden afectar a las emisiones acústicas debido al tipo de tráfico, el conductor, el vehículo, etc..

Para ello se ha tomado una muestra representativa de vehículos de distinta motorización y de distintos segmentos para hacer dos pruebas, una en un circuito urbano y una segunda en un circuito en extraurbano, con varios conductores y conductoras y así establecer un tipo de conducción promedio, acorde con los vehículos y estilos de conducción actuales.

Con estos datos de conducción promedio, será posible elaborar un ensayo que determine, de forma realista, los niveles de emisión sonora de un vehículo automóvil que permita, en un futuro, reducir la contaminación acústica que soportan las ciudades debida al automóvil.

El presente proyecto ha sido realizado dentro del Programa Nacional de Investigación Fundamental, Plan Nacional de I+D+I 2008-2011, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, otorgado al grupo de investigación MECATRAM del departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Carlos III de Madrid.

2. Objetivos

El objetivo principal del proyecto será el de determinar la forma de conducir promedio de una muestra de conductores representativos de la sociedad actual, para una muestra también representativa de vehículos actuales y en unas condiciones de circulación que representan el tipo de tráfico que se puede encontrar en una gran ciudad del siglo XXI, con el fin de proponer un ensayo tipo que permita caracterizar la contaminación acústica de un vehículo automóvil, y que pueda ser reproducido en condiciones similares en un circuito estándar y que suponga el mayor acercamiento posible a las condiciones reales de circulación.

- Para conseguir este objetivo principal, se han marcado unos objetivos secundarios como son:
- Analizar las posibles diferencias en la forma de conducir de un grupo de personas heterogéneo.
- Analizar las posibles diferencias en la forma de conducir debidas al segmento del vehículo con el que circule.
- Analizar el tipo de circulación y las características de la vía que pueden influir en un tipo de conducción más o menos contaminante desde el punto de vista acústico.
- Determinar los parámetros de control, dentro del propio vehículo, que posibiliten la evaluación del efecto de los conductores/as y del tipo de circulación en la contaminación acústica producida.

Una vez alcanzados estos objetivos parciales estaremos en disposición de establecer un protocolo de ensayo que sea capaz de reproducir, de forma realista, el nivel de emisiones sonoras de un vehículo automóvil en condiciones de circulación que se asemejen a las del tráfico urbano en una gran ciudad.

3. Estado del Arte

La legislación vigente obliga a que en el proceso de homologación de un vehículo se determinen los niveles de emisiones sonoras de acuerdo a un determinado procedimiento de ensayo y se establecen unos límites máximos por encima de los cuales el vehículo no puede ser homologado (Directiva 70/157 CEE).

Esta directiva establece el nivel sonoro máximo medido en una prueba en la que el vehículo es sometido, en una pista de ensayos especial, a un período transitorio de aceleración – deceleración para comparar el valor obtenido con el límite establecido en las distintas actualizaciones de la Directiva, el cual ha ido reduciéndose de forma progresiva.

Este ensayo no es muy representativo del nivel sonoro real que puede emitir un determinado vehículo, ya que solo tiene en cuenta una condición de funcionamiento muy concreta (transitorio aceleración – deceleración), es la única que existe y su aplicación ha obligado a que los fabricantes hayan tenido que invertir en desarrollos que han permitido reducir el nivel sonoro de los vehículos como fuente individual, pero ello no ha repercutido en el nivel sonoro global debido al ruido de tráfico, dado el aumento de los vehículos que circulan por las vías públicas.

En el caso de la homologación de los vehículos en cuanto a emisiones contaminantes gaseosas y consumo de combustible, sí existen definidos en las diferentes directivas, ensayos que permiten evaluar dichas emisiones en un rango más amplio de funcionamiento del vehículo. Así por ejemplo, en el anexo III de la Directiva 70/220 CEE (gasolina) y en la Directiva 72/306 CEE (diesel), se establece un ciclo de funcionamiento del vehículo en un banco dinamométrico donde aparecen distintos estados de carga del motor, régimen de giro, aceleraciones, etc., que tratan de reproducir de forma más realista el modo de funcionamiento de un vehículo en tráfico urbano.

Sin embargo ninguna de estas directivas tiene en cuenta otros parámetros importantes a la hora de determinar el nivel sonoro que puede emitir un determinado vehículo como puedan ser, el tipo de vía, el estado de mantenimiento, el conductor, etc.

Diversos modelos matemáticos han sido desarrollados para predecir el ruido del tráfico. Uno de ellos es el método Nórdico (Bendtsen 1999). En sus estudios sobre este método, Bendsten realiza una serie de afirmaciones interesantes:

- Los vehículos pesados son los que provocan mayores picos de ruido.
- Las condiciones atmosféricas y de la carretera influyen en el ruido. Por esta razón, las mediciones de Bendsten se desarrollan en condiciones de carretera seca (sin nieve ni hielo) y bajo vientos moderados (velocidades máximas de 2 m/s).
- Las dos fuentes principales de ruido de un vehículo son el motor y la rodadura neumático - calzada. Para turismos, el motor es dominante para velocidades inferiores a 50 km/h, pero la rodadura cobra mayor importancia a velocidades superiores (Bendtsen 1996; Robertson et al. 1998)
- El ruido emitido por cada automóvil ha decrecido desde los años 70 a los 90 entre 5 y 9 dB (Bendtsen 1998), pero el ruido global para cada carretera sólo decreció en ese período entre 1 y 1,5 dB. Una posible explicación a esta discrepancia es que los test de ruido a los que se somete a los automóviles nuevos no reflejan el comportamiento acústico real de estos vehículos en carretera por las siguientes razones:
 - El ruido se mide bajo grandes aceleraciones (lo cual no es habitual en la realidad). Por esta razón, el ruido del motor es el principal en las pruebas.

- El ruido de rodadura se subestima; el ruido generado por circular a más de 60 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ no se considera.

Esta discrepancia entre los resultados de las pruebas de laboratorio y las medidas reales en carretera se encuentra en diversos trabajos de multitud de investigadores (Black 1991; R. Joumard et al. 2000; Pierson et al. 1990; Ross 1994; Sjödin and Lenner 1995). En un estudio en el que se busca la relación entre la velocidad del vehículo y la carga del motor con las emisiones de gases del automóvil, Kean et al. (Kean et al. 2003) encontraron comportamientos en los tramos de carretera con pendiente positiva que no se correspondían con lo previsto según los tests normalizados por el Gobierno de los EEUU. Por ello la primera conclusión de su estudio, presente en multitud de fuentes bibliográficas, es la necesidad de completar los ensayos en banco con pruebas en carretera (Robert Joumard et al. 1995; Sjödin and Lenner 1995; TRB 2000). En este estudio, las emisiones provocadas por el tráfico fueron medidas en un túnel de autopista en el norte de California. Se eligieron horas para realizar las pruebas en las que se minimizase la interacción con el resto del tráfico, ya que se había observado que en períodos de tráfico congestionado las emisiones se multiplicaban por 10 (Sjödin et al. 1998).

El tráfico era estudiado en su conjunto, por lo que se calculaba la velocidad media en el túnel por medio de cámaras sin equipar instrumentación en cada vehículo. Los aspectos considerados influyentes en la emisión de contaminantes son:

- Velocidad del vehículo.
- Aceleración del vehículo.
- Posición del pedal de freno.
- Velocidad del motor.

Este interés por medir las emisiones de los vehículos mientras ruedan realmente por carreteras, ha motivado diversos desarrollos de equipos de análisis embarcables. Cocker et al. (Cocker et al. 2004) desarrollaron un dispositivo para medir emisiones de vehículos diesel movidos por el convencimiento de que las emisiones medidas por los test FTP no eran realistas. Los datos recogidos en este estudio son los siguientes:

- Información de la unidad OEM.
- Velocidad del motor.
- Porcentaje de carga del motor.
- Velocidad del vehículo.
- Consumo de gasolina.
- Presión en el freno.
- Temperatura del motor.
- Presión en el turbo.

En este estudio la influencia del conductor no es tenida en cuenta, es más, para minimizar su influencia, el conductor dispone de una unidad de ayuda que le indica a qué velocidad debe recorrer cada tramo y cuánto se ha desviado de la misma. Tampoco se quiere estudiar la influencia de las condiciones de tráfico o de la orografía, por lo que se selecciona un recorrido libre de tráfico y sin pendiente. En esa ubicación, se desarrolla una versión reducida de los cinco modos de conducción (Clark et al. 1994) que incluye:

- Aceleración hasta una velocidad dada.
- Mantenimiento de dicha velocidad durante 100 s.
- Deceleración hasta ralentí.

Dicho ciclo se repite cinco veces para cinco velocidades diferentes. Los resultados se comparan con el ciclo de 4 modos ARB (Maldonado 2001) que incluye:

- Ralentí.

- Tráfico congestionado.
- Circulación por carretera secundaria e incorporaciones.
- Conducción libre (autopista).

Un estudio similar fue llevado a cabo por Norbeck (Norbeck 2001) para vehículos pesados. Usando el software Labview, diseñaron su propio sistema de adquisición de datos que se conecta con el ordenador de a bordo mediante el protocolo CAN J1939 (válido para vehículos posteriores a 1997) y mediante J1587/J1708 con vehículos más antiguos. De esta forma, es capaz de monitorizar:

- Posición del pedal de aceleración.
- Velocidad del motor.
- Porcentaje de carga del motor.
- Velocidad de la vía.
- Estado del control de velocidad de crucero.
- Consumo de combustible.
- Consumo instantáneo de combustible.
- Presión en el colector de admisión (posición del freno).
- Temperatura del motor.
- Potencial de la batería.
- Temperatura del combustible.
- Temperatura del aceite.
- Estado de la toma de fuerza.
- Presión del aceite.
- Presión del turbo.
- Velocidad seleccionada en el control de velocidad de crucero.
- Velocidad seleccionada en la toma de fuerza.
- Presión barométrica.
- Consumo de combustible medio.
- Distancia total recorrida.

Los datos recogidos por el OBD han sido utilizados en diversos estudios no necesariamente relacionados con las emisiones. Como el estudio de Barth para gestionar los sistemas inteligentes de un vehículo (Barth et al. 2003), el de Rakha (Rakha et al. 2004) que desarrolla un modelo de emisiones de gases, o el de Ochieng para determinar qué aspectos deben ser tenidos en cuenta a la hora de imponer tasas a determinadas vías (Ochieng et al. 2008). Este último autor cuantifica diferentes parámetros que influyen negativamente en la sociedad (emisiones, peligrosidad, etc.) para lo que considera las siguientes variables:

- Posición del vehículo (medida a través de un GPS).
- Tipo de vía.
- Tiempo.
- Velocidad del vehículo.
- Aceleración del vehículo.
- Distancia total recorrida.
- Hora del viaje.
- Duración del viaje.
- Comportamiento del conductor:
 - Aceleración longitudinal.
 - Aceleración lateral.
 - Cambios de marcha.
 - Presión en los pedales.
 - Velocidad del motor.
- Ocupación del vehículo.

Para la mayoría de estas variables existen equipos capaces de medirlas (Frey et al. 2001b; Ochieng et al. 2004).

Los efectos del tipo de carretera y del conductor en las emisiones han sido estudiados, por ejemplo, por Jackson et al. (Jackson et al. 2006) En este estudio, se instrumenta una furgoneta y veinte conductores diferentes recorren en ella una ruta de 48 km.

Las medidas tomadas por un equipo embarcado permiten cuantificar el comportamiento del conductor (Frey et al. 2003; Holmén and Niemeier 1998), englobando las condiciones de conducción en cuatro modos (Holmén and Niemeier 1998):

- Velocidad constante.
- Velocidad lenta.
- Aceleración.
- Deceleración.

Esta caracterización necesita mejoras según admiten los propios autores, por ejemplo para caracterizar el comportamiento del conductor en función del tipo de vía (Brandmeyer and Karimi 2000). En cualquier caso, los estudios desarrollados con equipamiento embarcable son pocos debido al tamaño y coste del mismo (Tong et al. 2000; Vlieger 1997) y a la dificultad de grabar con frecuencias de muestreo adecuadas. Sin embargo, los equipos han mejorado en los últimos años (Vojtisek-Lom and Cobb 1997), lo que permitirá mejorar estudios como el llevado a cabo por (Austin et al. 1993) donde se demuestra la influencia del conductor en los parámetros del vehículo (como velocidad y aceleración), así como avanzar en la cuantificación de la influencia del conductor en las emisiones (Jackson et al. 2006). Aunque este es un campo muy abierto, hay diferentes afirmaciones que es importante tener en cuenta:

- Los vehículos diesel producen más emisiones que los gasolina (Schauer et al. 2007).
- Se registran elevadas emisiones en las aceleraciones desde parado (Frey et al. 2001a; Unal et al. 2002)
- Otros aspectos que influyen en las emisiones son: esperas antes de una intersección señalizada, porcentaje de vehículos pesados de la vía y límite de velocidad de la misma (Bachman et al. 2000; Hallmark et al. 2002; Young et al. 1997).

Aspectos importantes a resaltar del estudio de Jackson son:

- Los vehículos se calientan antes de empezar a tomar datos.
- Los conductores practican hasta sentirse cómodos con el vehículo y se les pregunta periódicamente por su sensación de comodidad con el automóvil.
- Cada conductor realiza un único recorrido.
- La ruta elegida puede describirse como sigue:
 - Sección 1: 12,5 km de carretera de doble carril con curvas (64 km/h de velocidad máxima).
 - Sección 2: 7,5 km de carretera urbana con veinte semáforos y frecuentes cruces.
 - Sección 3: 16,6 km de autopista de cuatro carriles (104 km/h de velocidad máxima).
 - Sección 4: 10 km de carretera de doble carril con una pendiente del 4 al 10%.
 - Sección 5: 1,6 km de vías interiores del campus con multitud de cruces.

Una forma más sencilla de tener en cuenta el comportamiento del conductor es la empleada por Volvo en un estudio del año 2005 destinado a medir el ruido de propulsión para vehículos pesados (Keulemans 2005). En este estudio, en el que la mayoría de las medidas se realizan en cámaras de sonido, se considera conducción “ruda” la conducción en una marcha más corta de la ideal. Otra contribución interesante de este estudio es el hecho de considerar

como fuente de ruido los impactos metal - metal producidos por las holguras y la falta de mantenimiento (Grainger et al. 2002).

Otros estudios que pretende cuantificar la influencia del conductor en las emisiones (acústicas o de gases) se detallan a continuación:

Lelong y Michelet pretenden estudiar la influencia de los estados transitorios (aceleraciones) en las emisiones acústicas de un vehículo (Lelong and Michelet 1999). Para ello, diseñan un experimento en el que miden los siguientes datos:

- Velocidad instantánea y aceleración mediante cinco dispositivos emisores - receptores de infrarrojos situados en un lado de la carretera.
- Marcha engranada: anotada por el operador.
- Velocidad del motor: se mide mediante un sensor piezoeléctrico (sólo válido para motores diesel). El voltaje medido por dicho sensor es proporcional al flujo de carburante en el inyector. La señal de voltaje se transmite a un dispositivo de adquisición multicanal por telemetría.
- Datos de ruido: se sitúan tres micrófonos en la zona de pruebas.

Sobre tres turismos y un camión, se realizan tres tipos de medidas: con el vehículo parado, con el vehículo circulando a velocidad constante y con el vehículo acelerando.

Las principales conclusiones obtenidas por estos investigadores son:

- Los efectos de la aceleración son casi imperceptibles cuando se circula en marchas largas.
- El tipo de motor y el tipo de vehículo deben ser tenidos en cuenta.

Bajo la premisa de que la forma de conducir afecta a las emisiones del vehículo (Kemper 1985), Ericsson pretende encontrar los parámetros que permitan comparar la forma de conducir de diferentes personas, así como el efecto de las condiciones del tráfico y del tipo de vías por las que se circule (Ericsson 2000). Partiendo de estudios previos para la determinación de patrones de conducción (André et al. 1995; Barlow et al. 1994; Jost et al. 1992; Weijer 1997), propone seis aspectos que potencialmente pueden afectar al patrón de conducción:

- Entorno vial.
- Tráfico.
- Conductor.
- Vehículo.
- Tipo de viaje (distancia, tiempo, elección de ruta...).
- Condiciones atmosféricas.

Finalmente se centra en los tres primeros, para los cuales realiza un total de 439 pruebas reales de conducción. El vehículo empleado (un Volvo 960) es equipado con un dispositivo de Volvo que permite medir la velocidad en frecuencias de 10Hz. A partir de estas medidas de la velocidad, se obtiene la aceleración por métodos matemáticos. Los conductores fueron seis hombres y seis mujeres elegidos al azar y cada uno de ellos condujo el vehículo cuatro veces por el mismo trazado vial (dos veces en hora punta y dos veces en hora no punta).

El trazado elegido es un recorrido de ida y vuelta al centro de la ciudad partiendo de un área residencial. En ese recorrido, se incluyen calles de los cinco tipos que Ericsson distingue:

- Calle principal en zona residencial (velocidad máxima 50 km/h , un carril).
- Calle secundaria en zona residencial (velocidad máxima 50 km/h , un carril).
- Radial hacia el centro de la ciudad (velocidad máxima 70 km/h , dos carriles).

- Radial hacia el centro de la ciudad (velocidad máxima 50 km/h , un carril).
- Calle del centro de la ciudad (velocidad máxima 50 km/h , un carril).

Con los datos de estos experimentos, se consideran los siguientes parámetros:

- Medidas de nivel:
 - Velocidad media.
 - Desviación típica de la velocidad.
 - Aceleración media.
 - Desviación típica de la aceleración.
 - Deceleración media.
 - Desviación típica de la deceleración.
- Medidas de oscilación:
 - Frecuencia de valores máximos y mínimos en la curva de velocidades cuando los valores extremos son mayores que un valor dado (2 km/h y 10 km/h).
 - Integral del cuadrado de la aceleración por número de pasos.
 - Aceleración positiva relativa.
- Medidas de distribución:
 - % del tiempo en diferentes intervalos de velocidad.
 - % del tiempo en diferentes intervalos de aceleración.
 - % del tiempo en diferentes intervalos de deceleración.

El estudio concluye que:

- El factor predominante es el tipo de calle.
- El segundo factor determinante es el conductor.
- Los patrones de aceleración difieren entre hombres y mujeres.

La influencia del conductor en las emisiones de gases también es estudiada por Holmén (Holmén and Niemeier 1998) con el convencimiento de que los ciclos establecidos en las normas no tienen en cuenta el comportamiento real de los conductores ni el estado del vehículo.

Para ello realizaron un estudio en el que 24 conductores elegidos aleatoriamente debían conducir un mismo vehículo (de cambio automático) a lo largo de una ruta de casi 5 km en condiciones de tráfico ligero. Dicha ruta incorporaba cuatro tipos de vías:

- Calle semi - residencial (velocidad máxima 40 km/h).
- Carretera secundaria (velocidad máxima 56 km/h).
- Carretera secundaria (velocidad máxima 48 km/h).
- Autopista con una pendiente del 4%.

El vehículo fue equipado con dos sistemas embarcados: uno para medir las emisiones de gases cada segundo y otro para medir los parámetros del motor cada tres segundos (velocidad, revoluciones por minuto,...). Todos los sistemas eléctricos auxiliares (aire acondicionado, radio...) fueron apagados.

Para hacer los datos más comparables e intentar eliminar todo aquello que no dependa directamente del conductor, se agrupan las medidas tomadas en seis categorías:

- Velocidad constante baja (velocidad inferior a 40 km/h y aceleración entre $-0,01 \text{ m/s}^2$ y $0,01 \text{ m/s}^2$).
- Velocidad constante alta (velocidad superior a 64 km/h y aceleración entre $-0,01 \text{ m/s}^2$ y $0,01 \text{ m/s}^2$).
- Aceleración (aceleración superior a $0,01 \text{ m/s}^2$).
- Deceleración (deceleración inferior a $-0,01 \text{ m/s}^2$).

- Autopista (velocidad superior a 64 ^{km}/h y distancias recorridas entre 3 y 3,8 km).
- Ruta completa (vehículo en movimiento).

Las conclusiones más importantes de este estudio se resumen como sigue:

- La influencia del conductor en las emisiones de vehículo es fundamental.
- Es más importante la intensidad de las aceleraciones y deceleraciones que el tiempo total que el conductor emplea en ellas.

4. Homologación del Ruido de un Automóvil

La Directiva 70/157/CEE es la que dicta los niveles máximos permitidos y las pruebas de homologación del ruido emitido por un vehículo automóvil, habiendo sufrido varias modificaciones con el transcurso del tiempo.

Se expone, a continuación, dicha directiva y sus modificaciones más relevantes.

4.1. Directiva 70/157/CEE de 6 de febrero de 1970 (DO L 42 de 23.2.1970, p. 16) relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el nivel sonoro admisible y el dispositivo de escape de los vehículos a motor.

Esta directiva controla los niveles de emisión acústica de los vehículos y de sus escapes estableciendo unos límites y unas pruebas para dotar a éstos de la homologación CEE que proporcionan los Estados miembros que componen la Comunidad Económica Europea desde 1970 en adelante como muestra la tabla 1:

TIPO DE TRANSPORTE	CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO		LÍMITE DEL NIVEL SONORO EN dB (A)
PERSONAS	≤ 9 asientos		82
	> 9 asientos	≤ 3,5 toneladas	84
		> 3,5 toneladas	89
		> 200 C.V.	91
MERCANCÍAS	≤ 3,5 toneladas		84
	> 3,5 toneladas		89
	> 12 toneladas > 200 C.V.		91

Tabla 1. Límite Sonoro Directiva 70/157/CEE.

Se trata de una prueba del vehículo en marcha y otra en parado.

La prueba en marcha consta de un recorrido en línea recta de 20 metros. De forma perpendicular a esta línea y en su punto medio se colocan dos micrófonos separados 15 metros. Se trata de esta forma de tomar dos mediciones a cada lado del vehículo: éste, ya circulando a velocidad constante, tiene que acelerar bruscamente desde que su parte delantera toma el inicio del recorrido hasta que su parte posterior sobrepasa los 20 metros (figura 1).

**PROPUESTA DE ENSAYO PARA HOMOLOGAR
EL RUIDO EMITIDO POR UN VEHÍCULO AUTOMÓVIL**

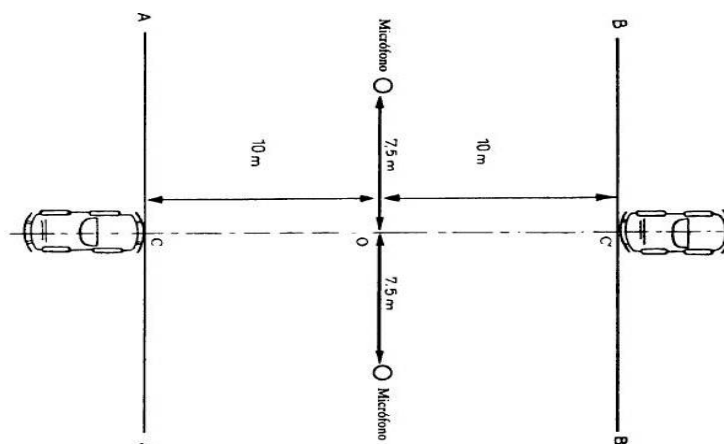


Figura 1. Ensayo del Vehículo en Marcha Directiva 70/157/CEE.

La velocidad constante con la que el vehículo se tiene que aproximar hasta el inicio del recorrido es la menor de las siguientes opciones que aparecen en la tabla 2:

<i>Vehículos sin caja de cambios.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • La correspondiente a $\frac{3}{4}$ del régimen de giro de potencia máxima. • La correspondiente a $\frac{3}{4}$ del régimen de giro máximo que permita el regulador. • 50 km/h. 	
<i>Vehículos con caja de cambios manual.</i>	<p>Deberá engranarse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La 2ª marcha si el vehículo posee una caja con 2, 3 ó 4 marchas. - La 3ª marcha si posee más de 4 marchas. - La marcha que proporcione la mayor velocidad del vehículo si el sistema de transmisión es de doble desmultiplicación. 	<ul style="list-style-type: none"> • La correspondiente a $\frac{3}{4}$ del régimen de giro de potencia máxima. • La correspondiente a $\frac{3}{4}$ del régimen de giro máximo que permita el regulador. • 50 km/h.
<i>Vehículos con caja de cambios automática.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • La correspondiente a $\frac{3}{4}$ de su velocidad máxima. • 50 km/h. 	

Tabla 2. Velocidad de Aproximación Directiva 70/157/CEE.

En la prueba en parado se provoca la aceleración del motor para tomar las mediciones sin mover el vehículo que puede apreciarse en la figura 2. El régimen de giro del motor sin regulador sería el correspondiente a $\frac{3}{4}$ del de potencia máxima, o régimen de giro máximo posible si tiene regulador.

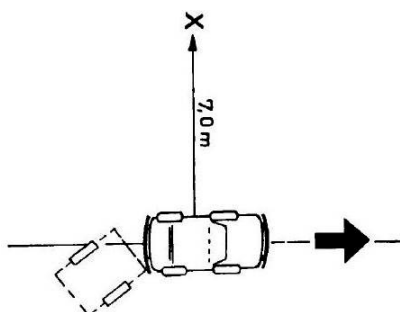


Figura 2. Ensayo del Vehículo en Parado Directiva 70/157/CEE.

El micrófono está situado a 7 metros del vehículo y 1,2 metros del suelo.

4.2. Directiva 73/350/CEE de 7 de noviembre de 1973 (DO L 321 de 22.11.1973, p. 33) por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 70/157/CEE.

Esta directiva sustituye el punto II llamado “dispositivo de escape (silencioso)” del Anexo de la Directiva 70/157/CEE que establecía que el filtro de aire de aspiración del motor formaba parte del silencioso, que se debía adjuntar un esquema del escape como anexo al certificado de homologación del vehículo, que se debe indicar la marca y tipo de silencioso en el mismo, y que se podían utilizar materiales de fibra en la fabricación del silencioso si éstos no se encontraban en zonas de circulación de los gases, si duraban toda la vida del silencioso y si resistían una temperatura un 20% más que la temperatura de funcionamiento.

Con la Directiva 73/350/CEE se consigue establecer unas pruebas de acondicionamiento para el silencioso siempre y cuando haya sido fabricado con materiales fibrosos. Estas pruebas proporcionan al silencioso unas condiciones habituales de funcionamiento para, después, proceder a las pruebas de “vehículo en marcha” y “vehículo parado” en cuanto a la homologación CEE del vehículo referente al nivel sonoro.

Se pueden hacer las mediciones con el vehículo en movimiento durante 5000 kms aproximadamente por recorrido urbano y durante otros 5000 kms por carreteras a alta velocidad. Pudiendo sustituir esto por un programa equivalente en una pista de pruebas.

También se pueden hacer en un banco de pruebas montando el silencioso al motor y a un freno dinamométrico llevándose a cabo en 6 períodos de 6 horas cada uno con interrupción de 12 horas como mínimo entre cada período. Cada período consta de 2 grupos de las siguientes secuencias:

- a) 5 minutos al ralentí.
- b) 1 hora a $\frac{1}{4}$ de la carga y $\frac{3}{4}$ del régimen de su potencia máxima.
- c) 1 hora a media carga y $\frac{3}{4}$ del régimen de su potencia máxima.
- d) 10 minutos a plena carga y $\frac{3}{4}$ del régimen de su potencia máxima.
- e) 15 minutos a media carga y régimen de potencia máxima.
- f) 30 minutos a $\frac{1}{4}$ de carga y régimen de potencia máxima.

No pudiéndose superar los niveles de emisión acústica establecidos por la Directiva 70/157/CEE.

4.3. Directiva 77/212/CEE de 8 de marzo de 1977 (DO L 66 de 12.3.1977, p. 33) por la que se modifica la Directiva 70/157/CEE.

Esta directiva modifica los niveles sonoros; reduciéndolos tal y como se observa en la tabla 3:

TIPO DE TRANSPORTE	CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO		LÍMITE DEL NIVEL SONORO EN dB (A)
PERSONAS	≤ 9 asientos		80
	> 9 asientos	≤ 3,5 toneladas	81
		> 3,5 toneladas	82
		> 200 C.V.	85
MERCANCÍAS	≤ 3,5 toneladas		81
	> 3,5 toneladas		86
	> 12 toneladas		88
	> 200 C.V.		

Tabla 3. Límite Sonoro Directiva 77/212/CEE

4.4. Directiva 81/334/CEE de 13 de abril de 1981 (DO L 131 de 18.5.1981, p. 6) por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 70/157/CEE.

En esta directiva se da la opción a considerar los dispositivos de escape como unidades técnicas independientes y a tratarlos como tales. Un ejemplo sería la necesidad de sustituir una unidad de repuesto por la que originalmente tiene el vehículo por deterioro, colisión, etc. De tal manera, se proporciona un método de homologación CEE para estos silenciosos.

Así pues se sustituye el Anexo que hasta ahora existía por 4 nuevos. También se sustituyen los artículos 2 y 2 bis y se modifica el artículo 3 para corregir las referencias a las que hacían al antiguo Anexo por los nuevos, así como de considerar el silencioso como unidad técnica separada.

Anexo I: Homologación CEE de un tipo de vehículo a motor en lo que respecta al nivel sonoro.

Se dan definiciones para comprender las diferencias entre tipos de vehículos, así como tipos de silenciosos de escape y de admisión.

Se muestra cómo se ha de solicitar la homologación CEE.

Obliga a que los silenciosos tengan inscritos la marca de fabricación y la denominación comercial del fabricante.

Repite los niveles sonoros que hasta ahora se conocían, tabla 4, así como los aparatos y condiciones de medición (se cambian las unidades de C.V. por kW):

TIPO DE TRANSPORTE	CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO		LÍMITE DEL NIVEL SONORO EN dB (A)
PERSONAS	≤ 9 asientos		80
	> 9 asientos	≤ 3,5 toneladas	81
		> 3,5 toneladas	82
		> 147 kw	85
MERCANCÍAS	≤ 3,5 toneladas		81
	> 3,5 toneladas		86
	> 12 toneladas		88
	> 147 kw		

Tabla 4. Límite Sonoro Directiva 81/334/CEE.

Para la prueba del nivel sonoro del vehículo en marcha, los cambios principales son los siguientes:

La velocidad constante con la que el vehículo se tiene que aproximar hasta el inicio del recorrido es la menor de las siguientes opciones mostradas en la tabla 5:

<i>Vehículos con caja de cambios manual.</i>	<p>Deberá engranarse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La 2ª marcha si el vehículo posee una caja con 2, 3 ó 4 marchas (categorías M₁ y N₁). - La 2ª y la 3ª marcha si posee más de 4 marchas (se calculará la media aritmética de los niveles sonoros registrados para cada marcha) (categorías M₁ y N₁). - Vehículos con "x" marchas se probarán sucesivamente desde la "x/2" en adelante (sólo se tendrá en cuenta el resultado obtenido con la velocidad que dé el nivel de ruido más alto) (categorías distintas a la M₁ y N₁). 	<ul style="list-style-type: none"> • La correspondiente a ¾ del régimen de giro de potencia máxima. • 50 km/h.
--	---	--

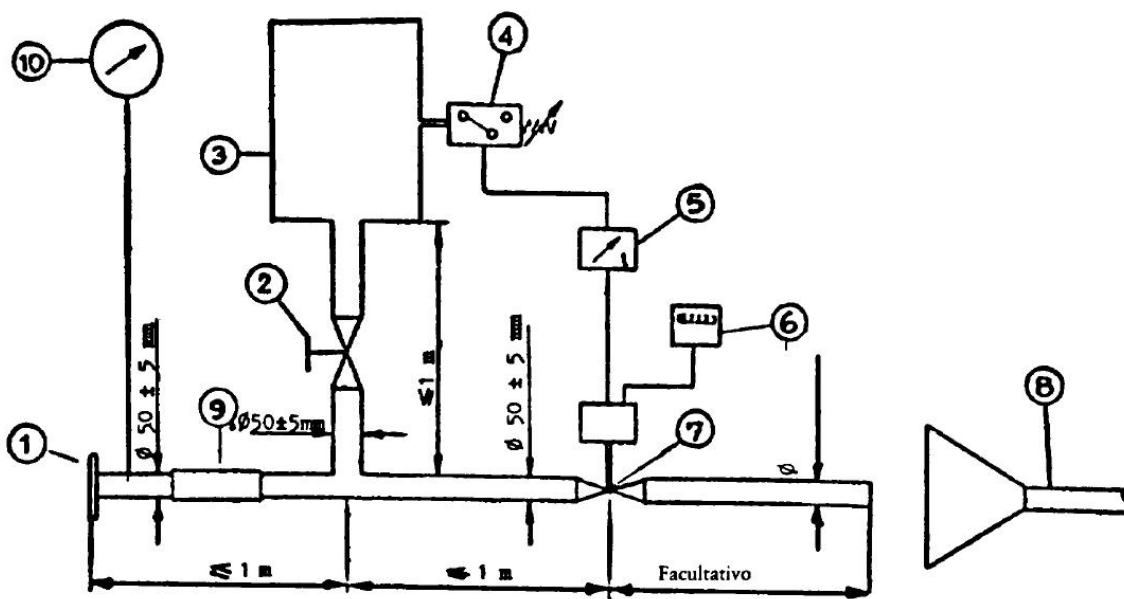


Figura 4. Esquema Acondicionamiento por Pulsaciones Directiva 81/334/CEE.

Anexo II: Homologación CEE de los silenciosos como unidad técnica separada (silenciosos de escape de sustitución).

Explica cómo ha de ser la solicitud de homologación CEE para los silenciosos de sustitución. Muestra la certificación que la autoridad competente extendería en caso de aceptar la solicitud: Anexo IV.

La prueba que han de superar estos silenciosos es la misma que la de “vehículo parado” para la homologación CEE de un tipo de vehículo a motor en lo que respecta al nivel sonoro; con los mismos límites sonoros. Sin embargo, en el Anexo IV la autoridad competente tendrá que rellenar los campos en los que aparece el límite sonoro para el vehículo en marcha y en parado.

Establece que el silencioso de sustitución ha de proporcionar la misma rentabilidad que el silencioso de origen. Para ello describe una comprobación de la pérdida de presión, cuyo valor no debe superar un 25% del valor obtenido con el silencioso original.

Enuncia las disposiciones complementarias para cuando los silenciosos o sus elementos vayan rellenos de materiales fibrosos: las que ya se conocían.

Además atiende a la conformidad de la producción de estos dispositivos estableciendo una diferencia de 1 dB(A) respecto al silencioso homologado en un principio.

Anexo III: Anexo al certificado de homologación CEE de un tipo de vehículo en lo que respecta al nivel sonoro (modelo ejemplo).

Anexo IV: Certificado de homologación CEE de una unidad técnica separada (modelo ejemplo).

4.5. Directiva 84/372/CEE de 3 de julio de 1984 (DO L 196 de 26.7.1984, p. 47) por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 70/157/CEE.

Los cambios principales se producen para la prueba del nivel sonoro del vehículo en marcha. La velocidad constante con la que el vehículo se tiene que aproximar hasta el inicio del recorrido es la menor de las opciones mostradas en la tabla 6:

<i>Vehículos con caja de cambios manual.</i>	<p>Deberá engranarse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La 2ª marcha si el vehículo posee una caja con 2, 3 ó 4 marchas (categorías M₁ y N₁). - La 2ª y la 3ª marcha si posee más de 4 marchas (se calculará la media aritmética de los niveles sonoros registrados para cada marcha) (categorías M₁ y N₁). - La 3ª marcha y si es a más de 61 km/h para vehículos de la categoría M₁ con más de 4 marchas, con motores de más de 140 kW de potencia máxima y cuya relación $\frac{\text{potencia máx.}}{\text{M.M.A.}}$ sea superior a $75 \frac{\text{km}}{\text{h}} / \frac{\text{km}}{\text{h}}$. 	<ul style="list-style-type: none"> • La correspondiente a $\frac{3}{4}$ del régimen de giro de potencia máxima. • 50 km/h.
<i>Vehículos con caja de cambios automática con selector manual.</i>	El selector ha de posicionarse en la posición recomendada por el constructor para la conducción <<normal>>.	<ul style="list-style-type: none"> • La correspondiente a $\frac{3}{4}$ del régimen de giro de potencia máxima. • 50 km/h.
<i>Vehículos con caja de cambios automática sin selector manual.</i>	<p>El resultado de la prueba será el que se obtenga de la velocidad que dé el nivel sonoro máximo de entre las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 30 km/h. • 40 km/h. • 50 km/h. <p>*Si el vehículo es incapaz de desarrollar esas velocidades, se probará a $\frac{3}{4}$ de la velocidad máxima en carretera.</p>	

**Para las cajas de cambio automáticas que cambien a 1ª marcha de forma automática durante la prueba, se puede aumentar la velocidad de aproximación a 60 km/h para evitar tal circunstancia. También se puede mantener a 50 km/h reduciendo la alimentación del carburante hasta el 95%.

Tabla 6. Velocidad de Aproximación Directiva 84/372/CEE.

4.6. Directiva 84/424/CEE de 3 de septiembre de 1984 (DO L 238 de 6.9.1984, p. 31) por la que se modifica la Directiva 70/157/CEE.

Esta directiva modifica los niveles sonoros, reduciéndolos como se puede observar en la tabla 7:

TIPO DE TRANSPORTE	CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO			LÍMITE DEL NIVEL SONORO EN dB (A)
PERSONAS	≤ 9 asientos			77 (78*)
	> 9 asientos	≤ 2 toneladas		78 (79*)
		> 2 toneladas ≤ 3,5 toneladas		79 (80*)
		> 3,5 toneladas	≤ 150 kW	80
			> 150 kW	83
MERCANCÍAS	≤ 2 toneladas			78 (79*)
	> 2 toneladas ≤ 3,5 toneladas			79 (80*)
	> 3,5 toneladas	≤ 75 kW		81
		> 75 kW ≤ 150 kW		83
		> 150 kW		84
NO CONCEBIDO PARA CIRCULAR POR CARRETERA		> 2 toneladas ≤ 3,5 toneladas	≤ 150 kW	80
	> 150 kW		81	
	> 3,5 toneladas	≤ 150 kW	84	
		> 150 kW	86	

*Si están equipados con motores Diesel de inyección directa.

Tabla 7. Límite Sonoro Directiva 84/372/CEE.

4.7. Directiva 87/354/CEE de 25 de junio de 1987 (DO L 192 de 11.7.1987, p. 43) por la que se modifica la Directiva 70/157/CEE en lo que se refiere a las siglas distintivas asignadas a los Estados miembros.

Hace referencia al cambio de las siglas distintivas de Grecia sobre los productos industriales: "GR" es sustituido por "EL".

4.8. Directiva 89/491/CEE de 17 de julio de 1989 (DO L 238 de 15.8.1989, p. 43) por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 70/157/CEE.

Completa (antes no existía) el punto 6 del Anexo I en cuanto a vehículos modificados para funcionar con gasolina sin plomo. Establece que se extenderá la homologación CEE cuando el fabricante certifique, previa aprobación de la autoridad encargada de la concesión de las homologaciones, que el nivel sonoro del vehículo modificado no sobrepasa los límites sonoros ya conocidos.

4.9. Directiva 92/97/CEE de 10 de noviembre de 1992 (DO L 371 de 19.12.1992, p. 1) por la que se modifica la Directiva 70/157/CEE.

Esta directiva tiene en cuenta el desarrollo tecnológico que han sufrido los vehículos de alto rendimiento. Estos vehículos se fabrican con una mayor potencia así como de una mayor relación potencia máxima/M.M.A. De tal modo, proporcionan la máxima potencia a más bajas revoluciones del motor implicando un mayor cambio de marchas.

Se tiene en cuenta que es a partir de 60 km/h y, por lo tanto, en zonas no urbanas donde toma mayor importancia los sonidos producidos por el contacto entre el neumático y el pavimento, por lo que se esperan estudios al respecto. Sin embargo, en zonas urbanas se produce un aumento de los niveles sonoros por los motores y la cadena cinemática que montan los nuevos vehículos. Al respecto, se sustituyen los antiguos Anexos por 6 nuevos.

La primera modificación es la disminución de los niveles sonoros como muestra la tabla 8:

TIPO DE TRANSPORTE	CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO			LÍMITE DEL NIVEL SONORO EN dB (A)
PERSONAS	≤ 9 asientos			74 (75*)
	> 9 asientos	≤ 2 toneladas		76 (77*)
		> 2 toneladas ≤ 3,5 toneladas		77 (78*)
		> 3,5 toneladas	≤ 150 kW	78
			> 150 kW	80
MERCANCÍAS	≤ 2 toneladas			76(77*)
	> 2 toneladas ≤ 3,5 toneladas			77 (78*)
	> 3,5 toneladas	≤ 75 kW		77
		> 75 kW ≤ 150 kW		78
		> 150 kW		80
TODO TERRENO	> 2 toneladas ≤ 3,5 toneladas	≤ 150 kW		78
		> 150 kW		79
	> 3,5 toneladas	≤ 150 kW		79
		> 150 kW		82

*Si están equipados con motores Diesel de inyección directa.

**Para los vehículos de transportes de personas de hasta 9 asientos, con más de 4 marchas, con un motor de más de 140 kW de potencia máxima y cuya relación $\frac{\text{potencia máx}}{\text{M.M.A.}}$ sea superior a $75 \frac{\text{kW}}{\text{t}}$, los valores límite se aumentarán en 2 dB (A) si la velocidad a la que la parte posterior del vehículo sale del recorrido de la prueba en marcha es superior a 61 km/h.

Tabla 8. Límite Sonoro Directiva 92/97/CEE.

Se especifica cómo ha de ser la pista de pruebas con el Anexo VI.

Para la prueba del vehículo en marcha se producen unas pequeñas modificaciones:
La velocidad constante con la que el vehículo se tiene que aproximar hasta el inicio del recorrido es la menor de las siguientes opciones de la tabla 9:

<i>Vehículos con caja de cambios manual.</i>	<p>Deberá engranarse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La 2ª marcha si el vehículo posee una caja con 2, 3 ó 4 marchas (categorías M₁ y N₁). - La 2ª y la 3ª marcha si posee más de 4 marchas (se calculará la media aritmética de los niveles sonoros registrados para cada marcha) (categorías M₁ y N₁). - La 3ª marcha y si es a más de 61 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ para vehículos de la categoría M₁ con más de 4 marchas, con motores de más de 140 kW de potencia máxima y cuya relación $\frac{\text{potencia máx.}}{M.M.A.}$ sea superior a 75 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. - Vehículos con "x" marchas se probarán sucesivamente desde la "x/n" en adelante (sólo se tendrá en cuenta el resultado obtenido con la velocidad que dé el nivel de ruido más alto) (categorías distintas a la M₁ y N₁) (n=2 si <225 kW, n=3 >225 kW). 	<ul style="list-style-type: none"> • 50 km/h. • La correspondiente a ¼ del régimen de giro de potencia máxima (para la categoría M₁ u otras categorías pero con potencias inferiores a 225 kW). • La correspondiente a la mitad del régimen de giro de potencia máxima (para categorías distintas a la M₁ y con potencias superiores a 225 kW).
<i>Vehículos con caja de cambios automática con selector manual.</i>	<p>El selector ha de posicionarse en la posición recomendada por el constructor para la conducción <<normal>>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 50 km/h. • La correspondiente a ¼ del régimen de giro de potencia máxima (para la categoría M₁ u otras categorías pero con potencias inferiores a 225 kW). • La correspondiente a la mitad del régimen de giro de potencia máxima (para categorías distintas a la M₁ y con potencias superiores a 225 kW).
<i>Vehículos con caja de cambios automática sin selector manual.</i>	<p>El resultado de la prueba será el que se obtenga de la velocidad que dé el nivel sonoro máximo de entre las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 30 km/h. • 40 km/h. • 50 km/h. <p>*Si el vehículo es incapaz de desarrollar esas velocidades, se probará a ¼ de la velocidad máxima en carretera.</p>	

**Para las cajas de cambio automáticas que cambien a 1ª marcha de forma automática durante la prueba, se puede aumentar la velocidad de aproximación a 60 km/h para evitar tal circunstancia. También se puede mantener a 50 km/h reduciendo la alimentación del carburante hasta el 95%.

Tabla 9. Velocidad de Aproximación Directiva 92/97/CEE.

Aparece una nueva prueba para vehículos que utilicen aire comprimido, figura 5, midiendo el ruido que produce la descarga del regulador de presión con el motor a ralentí. Para este caso, el nivel sonoro límite es de 72 dB(A):

Posiciones de los micrófonos para las mediciones del ruido producido por el aire comprimido

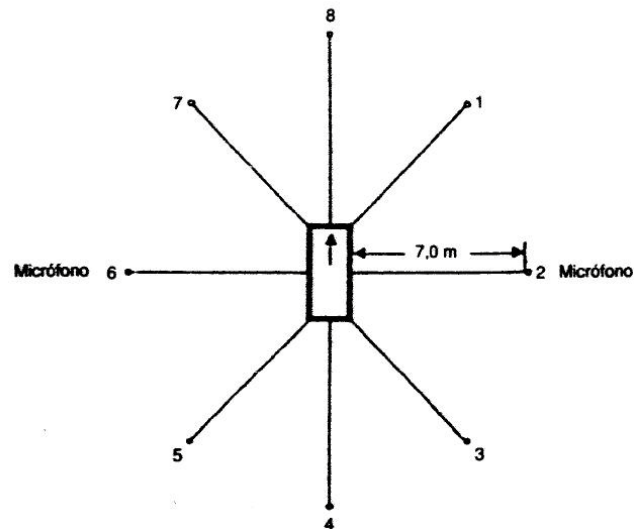


Figura 5. Medición Aire Comprimido.

También se hace una breve explicación en cuanto a aceptar vehículos con cualquier modificación mientras respete los niveles sonoros establecidos.

Se amplía las disposiciones de la conformidad de la producción.

Anexo II: Homologación CEE de los silenciosos como unidad técnica separada (silenciosos de escape de sustitución).

La única diferencia notable es la ampliación de la conformidad de la producción haciendo referencia al Anexo V.

Anexo III: Anexo al certificado de homologación CEE de un tipo de vehículo en lo que respecta al nivel sonoro (modelo ejemplo).

Se añade una tabla con las mediciones para el aire comprimido.

Anexo IV: Certificado de homologación CEE de una unidad técnica independiente (modelo ejemplo).

Se cambian ligeramente unos puntos pero prácticamente es idéntico al que ya existía.

Anexo V: Comprobación de la conformidad de la producción.

En cuanto a vehículos, el que es escogido en la producción no debe sobrepasar en más de 1 dB(A) los límites sonoros establecidos para la prueba en marcha.
En cuanto a silenciosos de sustitución, el escogido de la producción no podrá sobrepasar en más de 1 dB(A) los límites sonoros permitidos para la prueba en marcha y en parado.

Anexo VI: Especificaciones de la pista de pruebas.

Se detalla las opciones con la que puede construirse la pista de pruebas en cuanto al contenido en vacío residuales, el coeficiente de absorción, la profundidad de textura, guijo, aglutinante, etc. Así como de un control periódico del correcto estado de la pista de pruebas (figura 6).

Establece también la necesidad de tener construido el pavimento además a 10 metros antes y después del recorrido de la prueba en marcha:

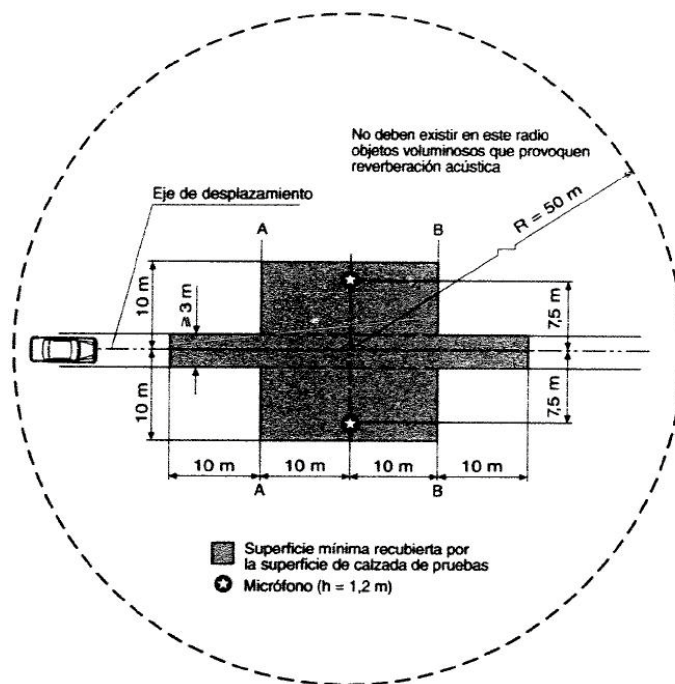


Figura 6. Pista de Pruebas del Ensayo del Vehículo en Marcha Directiva 92/97/CEE.

4.10. Directiva 96/20/CE de 27 de marzo de 1996 (DO L 92 de 13.4.1996, p. 23) por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 70/157/CEE.

Se cambia la homologación CEE por la de CE. Y por lo tanto se modifica el texto de algunos artículos y puntos que hacían referencia a la antigua marca CEE por la nueva. Se introducen Apéndices y se cambian algunos Anexos por Apéndices. Esto provoca, también, que se tenga que cambiar los textos donde se hacía referencia a los antiguos Anexos por la referencia de los nuevos.

Aparecen unos nuevos apéndices llamados ficha de características que, junto con los certificados de homologación, son capaces de dar un alto nivel de detalle del tipo de vehículo y del tipo de silencioso de sustitución.

Anexo I: Homologación CE de un tipo de vehículo a motor en lo que respecta al nivel sonoro.

Apéndice 1: Ficha de características (Modelo ejemplo. Nuevo.).

Apéndice 2: Certificado de homologación (Modelo ejemplo. Antes Anexo III).

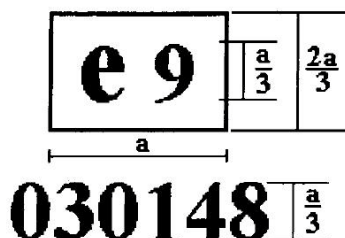
Anexo II: Homologación CE de los silenciosos como unidad técnica independiente (silenciosos de escape de sustitución).

Apéndice 1: Ficha de características (Modelo ejemplo. Nuevo.).

Apéndice 2: Certificado de homologación (Modelo ejemplo. Antes Anexo IV)

Apéndice 3: Ejemplo de marca de homologación CE (Modelo ejemplo. Esta es una nueva incorporación que antes no existía. Puede verse en la figura 7).

a ≥ 12 mm



El dispositivo que lleva esta marca de homologación CE se ha homologado en España (e 9) según la Directiva 92/97/CEE (03) con el número de homologación de base 0148.

Figura 7. Ejemplo Marca de Homologación Directiva 96/20/CE.

Anexo III: Comprobación de la conformidad de la producción (antes Anexo V).

Anexo IV: Especificaciones de la pista de pruebas (antes Anexo VI).

4.11. Directiva 1999/101/CE de 15 de diciembre de 1999 (DO L 334 de 28.12.1999, p. 41) por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 70/157/CEE.

Se modifica la definición de vehículo representativo para tener en cuenta la dificultad para seleccionar vehículos con silenciosos que cumplan con los requisitos actuales (haciendo referencia también a la homologación de los vehículos a motor y de sus remolques) y se actualizan algunas referencias. Puesto que en el Anexo II se sustituyó el punto 6 y se añadió un nuevo punto 7 en la Directiva 96/20/CE.

4.12. Directiva 2006/96/CE de 20 de noviembre de 2006 por la que se adapta la Directiva 70/157/CEE en el ámbito de la libre circulación de mercancías, con motivo de la adhesión de Bulgaria y Rumanía.

En el anexo II se añade el texto siguiente al punto 4.2.:
<<34 para Bulgaria>>, <<19 para Rumanía>>

4.13. Directiva 2007/34/CE de 14 de junio de 2007 (DO L 155 de 15.06.2007, p. 49) por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 70/157/CEE.

Establece la adhesión al Reglamento nº 51 de la CEPE/ONU, pero los niveles sonoros son los mismos y las pruebas de los ensayos también.

Se adapta la numeración y las referencias debido a la modificación de los Anexos: se sustituyen los Anexos I, II y III y se elimina el Anexo IV.

Anexo I: Medidas para la homologación CE de un tipo de vehículo de motor en lo que respecta al nivel sonoro.

Anexo II: Medidas administrativas para la homologación CE de dispositivos de escape como unidades técnicas independientes.

Anexo III. Algunas definiciones.

Tanto el Anexo I como el Anexo II mantienen en sus Apéndices 1 la documentación que el fabricante ha de presentar para solicitar la homologación CE: lo que antes se llamaba “ficha de características” ahora se llama “documento informativo”.

También mantienen en sus Apéndices 2 el Certificado de Homologación CE que la autoridad competente extiende si se acepta la solicitud de homologación de los Apéndices 1.

Finalmente, comentar que la disminución del límite sonoro producida en la Directiva 70/157/CEE desde su aprobación hasta la actualidad (tabla 10) corresponde a un 9,76% para el caso que nos ocupa (transporte de personas con 9 asientos como máximo) y reiterar la escasa efectividad que esto ha supuesto en la circulación y en los vehículos.

TIPO DE TRANSPORTE	CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO			EVOLUCIÓN DEL LÍMITE DEL NIVEL SONORO EN dB (A)				
				Directiva 70/157/CEE	Directiva 72/212/CEE	Directiva 81/334/CEE	Directiva 84/424/CEE	Directiva 92/97/CEE
PERSONAS	≤ 9 asientos			82	80	80	77 (78*)	74 (75*)
	> 9 asientos	≤ 2 toneladas		84	81	81	78 (79*)	76 (77*)
		> 2 toneladas ≤ 3,5 toneladas					79 (80*)	77 (78*)
		> 3,5 toneladas	≤ 150 kW	89	82	82	80	78
			> 150 kW	91	85	85	83	80
MERCANCÍAS	≤ 2 toneladas			84	81	81	78 (79*)	76 (77*)
	> 2 toneladas ≤ 3,5 toneladas						79 (80*)	77 (78*)
	> 3,5 toneladas	≤ 75 kW		89	86	86	81	77
		> 75 kW ≤ 150 kW					83	78
		> 150 kW		91	88	88	84	80
TODO TERRENO	> 2 toneladas ≤ 3,5 toneladas	≤ 150 kW	No aplica			80	78	
		> 150 kW				81	79	
	> 3,5 toneladas	≤ 150 kW				84	79	
		> 150 kW				86	82	

*Si están equipados con motores Diesel de inyección directa.

Tabla 10. Evolución del Límite Sonoro de la Directiva 70/157/CEE

5. Compatibilidades con la Directiva de Homologación de Gases y de Consumo de Carburante de un Automóvil

Se analiza a continuación las posibles compatibilidades que podrían existir entre la directiva de homologación de gases y una conducción real por zonas urbanas.

5.1. Directiva 70/220/CEE de 20 de marzo de 1970 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de medidas que deben adoptarse contra la contaminación del aire causada por los gases procedentes de los motores de explosión con los que están equipados los vehículos a motor.

Esta directiva propone 3 ensayos para la homologación CEE de los vehículos a motor de gasolina (ciclo Otto) y de sus remolques en cuanto a gases contaminantes.

PRUEBA DEL TIPO I: Control de la media de los gases contaminantes emitidos en una zona urbana congestionada después de un arranque en frío.

Esta prueba se hace en el banco dinamométrico recogiendo los gases en sacos para después analizarlos. La prueba consta de lo siguiente:

- En lo que podría llamarse la *primera parte* se deja el motor a ralentí 6 s para luego introducir 1ª marcha manteniendo el pedal del embrague pisado durante 5 s. Después se acelera $1,04 \text{ m/s}^2$ (dejando de pisar el pedal del embrague) durante 4 s hasta alcanzar 15 km/h y se mantiene esa velocidad 8 s más para, posteriormente, decelerar $-0,69 \text{ m/s}^2$ durante 2 s y así reducir la velocidad hasta 10 km/h encadenando otra deceleración de $-0,92 \text{ m/s}^2$ durante 3 s dejando la velocidad en 0 km/h (vehículo detenido).

Esto se asemeja al arranque de un vehículo para, inmediatamente después, detenerse en un stop, en un semáforo, en un paso de peatones, en la salida de un parking, etc.

- En la *segunda parte* (seguida de las operaciones de la primera y sin ninguna pausa) el motor está a ralentí 16 s en punto muerto para luego introducir 1ª marcha manteniendo el pedal del embrague pisado durante 5 s. Después se acelera $0,83 \text{ m/s}^2$ en 1ª (soltando el pedal del embrague) durante 5 s hasta alcanzar 15 km/h, se cambia a 2ª marcha en 2 s y se acelera $0,94 \text{ m/s}^2$ en 5 s hasta alcanzar 32 km/h manteniendo esa velocidad constante durante 24 s más. Se decelera $-0,75 \text{ m/s}^2$ en 8 s para reducir la velocidad a 10 km/h con 2ª marcha engranada para, después, seguir reduciendo la velocidad durante 3 s con una deceleración de $-0,92 \text{ m/s}^2$ hasta 0 km/h (vehículo detenido) manteniendo pisado el pedal del embrague en 2ª marcha.

Se parece al inicio de la marcha del vehículo tras una parada de 21 s para después volver a detenerlo tras 47 s de movimiento: desde un semáforo a otro, o a un paso de peatones...

- En lo que sería la *tercera parte* (seguida de las operaciones de la segunda y sin ninguna pausa) el motor está a ralentí 16 s en punto muerto para luego introducir 1ª marcha manteniendo el pedal del embrague pisado durante 5 s. Después se acelera $0,83 \text{ m/s}^2$ en 1ª (soltando el pedal del embrague) durante 5 s hasta alcanzar 15 km/h, se cambia a 2ª marcha

en 2 s y se acelera $0,62 \text{ m/s}^2$ en 9 s hasta alcanzar 35 km/h. Se cambia a 3ª marcha dando para ello 2 s y se acelera $0,52 \text{ m/s}^2$ alcanzando 50 km/h en 8 s manteniendo esa velocidad constante durante 12 s más. Se decelera $-0,52 \text{ m/s}^2$ en 8 s para reducir la velocidad a 35 km/h con 3ª marcha engranada y, después, mantener esa velocidad constante 13 s. Se cambia a 2ª marcha en 2 s y se reduce la velocidad durante 7 s con una deceleración de $-0,86 \text{ m/s}^2$ hasta 10 km/h. Se vuelve a decelerar con $-0,92 \text{ m/s}^2$ hasta 0 km/h (vehículo detenido) en 3 s manteniendo pisado el pedal del embrague en 2ª marcha. Finalmente se deja el motor a ralentí y en punto muerto durante 7 s.

También parece algo que puede darse en una zona urbana. Esta vez se ha llegado a introducir 3ª marcha, pero no se llega a sobrepasar los 50 km/h de velocidad.

Pese a que bien se parece a una situación real dada en zonas urbanas con cualquier vehículo, no llega a ser igual: es del todo imposible proporcionar una aceleración constante y, además, aunque suele ser el límite de velocidad en zonas urbanas de 50 km/h, pocas veces es posible respetarlo si engranamos 3ª marcha con los vehículos actuales. Es interesante ver esquemáticamente este ciclo de funcionamiento para ilustrar de una forma gráfica las distintas velocidades, aceleraciones, cambios de marcha, etc. Lo proporciona la propia Directiva (figura 8):

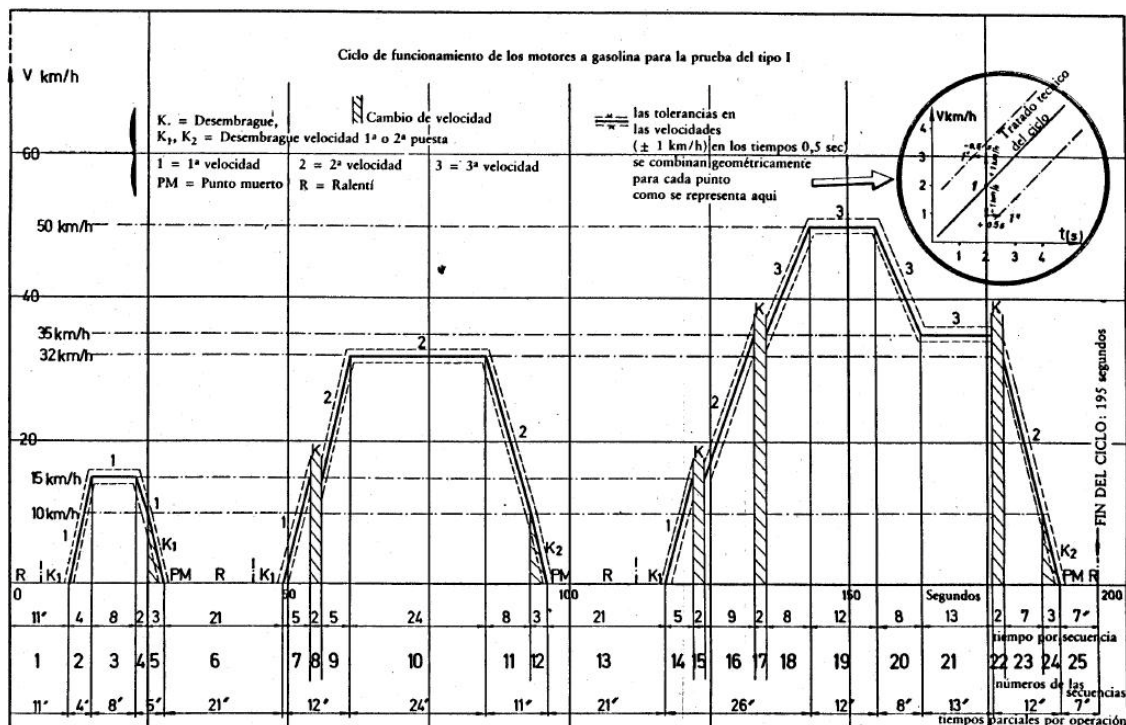


Figura 8. Ciclo de Funcionamiento para la Prueba del Tipo I Directiva 70/220/CEE.

PRUEBA DEL TIPO II: Control de la emisión de monóxido de carbono con el motor a ralentí.

Esta prueba recoge los gases del motor estando en ralentí. No adquiere mayor importancia puesto que no reproduce situación de conducción alguna.

PRUEBA DEL TIPO III: Control de las emisiones de gas del cárter.

Esta prueba consta de tres condiciones: una a ralentí y otras dos a 50 km/h con valores distintos de depresión en la admisión para estas dos últimas. Pero tampoco es objeto de estudio puesto que no simula una situación de conducción.

5.2. Directiva 72/306/CEE de 2 de agosto de 1972 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las medidas que deben adoptarse contra las emisiones de contaminantes procedentes de los motores Diésel destinados a la propulsión de vehículos.

Establece dos pruebas para la medición de gases contaminantes en motores Diésel entre otras definiciones.

- En la *prueba de régimen de giro estabilizado* se realizan 6 mediciones de los gases de escape repartidas entre el régimen de giro correspondiente a la potencia máxima del motor y 1000 r.p.m., o entre el 45% del régimen de giro correspondiente a la potencia máxima (el que sea más elevado de estos dos límites inferiores).

- En la *prueba de aceleración libre* se acciona el mando del acelerador rápidamente pero sin brusquedad hasta conseguir el máximo caudal de la bomba de inyección. Se mantiene tal posición hasta alcanzar el máximo régimen de giro del motor para, después, dejar de accionar el acelerador y volver al estado de ralentí. Ha de repetirse 6 veces y tomar las correspondientes mediciones.

En estas pruebas no se tiene en cuenta la intervención de la totalidad de la masa del vehículo, es decir, se pueden hacer en el vehículo o en el motor siempre y cuando sea en un banco de pruebas. Si es en el vehículo se ha de posicionar la palanca de cambios en punto muerto y si se hacen en el motor, se ha de proporcionar unas masas giratorias equivalentes a las que habría en el vehículo con el punto muerto conectado.

La conclusión es rápida, estas pruebas no reflejan un estilo de conducción acorde con la realidad. En la primera es muy difícil mantener un régimen de giro estabilizado salvo en autovías y autopistas, pero de este modo estarían interviniendo factores que no se tienen en cuenta en estas pruebas. En la segunda se produce una brutal aceleración para retornar al régimen de ralentí: en la realidad se dan muchos acelerones pero es habitual un inmediato cambio de marcha y de nuevo otra aceleración; no se proporciona una gran aceleración al motor para regresar al ralentí, sería una situación inútil y poco efectiva en una conducción real.

5.3. Directiva 80/1268/CEE de 16 de diciembre de 1980 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el consumo de carburante de los vehículos a motor.

Esta directiva emplea tres pruebas para medir el consumo de carburante. La primera es el ciclo urbano que describe la Directiva 70/220/CEE, la segunda es una prueba a velocidad constante a 90 km/h y la tercera es otra a velocidad constante pero a 120 km/h.

De esta directiva sí podemos extraer una supuesta conducción dada en la realidad: la del ciclo urbano de la directiva de gases contaminantes y las otras dos como conducciones propias en carreteras convencionales en caso de la velocidad de 90 km/h, y de autovías y autopistas en el caso 120 km/h.

5.4. Directiva 88/77/CEE de 3 de diciembre de 1987 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las medidas que deben adoptarse contra la emisión de gases contaminantes procedentes de motores Diésel destinados a la propulsión de vehículos.

El procedimiento de ensayo de esta directiva consta de 13 fases de 6 minutos cada una. Sirve para todos los vehículos Diésel con excepción de los vehículos de las categorías N_1 , N_2 y M_2 a los que se les aplicará el procedimiento descrito en la Directiva 70/220/CEE. En cada una de ellas se somete al motor Diésel a un régimen de giro determinado con un volumen de carga, respecto del par máximo, específico expresado en el texto en tanto por ciento (tabla 11):

Nº de fase	Régimen del motor	Volumen de carga
1	ralentí	-
2	intermedio	10
3	intermedio	25
4	intermedio	50
5	intermedio	75
6	intermedio	100
7	ralentí	-
8	nominal	100
9	nominal	75
10	nominal	50
11	nominal	25
12	nominal	10
13	ralentí	-

*El *régimen nominal* es explicado en esta directiva como la máxima velocidad de giro a plena carga permitida por el regulador, tal como la especifique el fabricante. La *velocidad intermedia* como la velocidad de giro correspondiente al valor máximo del par, si dicha velocidad se sitúa entre el 60 y el 75% del régimen nominal y, en los demás casos, una velocidad igual al 60% del régimen nominal. El *porcentaje de carga* como la proporción del par máximo disponible utilizado a un régimen determinado de motor.

Tabla 11. Fases del Ensayo de Gases de Motores Diesel Directiva 88/77/CEE.

Se trata de medir las emisiones contaminantes con esta prueba. El primero de los 6 minutos de cada fase sirve para adecuar el régimen de giro y el volumen de carga, para después hacer una media de los resultados obtenidos en el tiempo total que dura cada fase.

Se alega en la directiva que es una simulación de lo que podría ser el comportamiento de este tipo de motores en la realidad. Pero 6 minutos en cada fase no reproduce un comportamiento común en condiciones reales, puesto que este tiempo podría ser distinto. Se podrían haber definido varias fases con un tiempo diferente o con fases totalmente transitorias de aceleración o deceleración como ocurre con la directiva de gases contaminantes de motores de explosión.

6. Elección de los Conductores

Para la selección de los conductores se han tenido en cuenta los datos estadísticos de la Dirección General de Tráfico del Gobierno de España respecto a los carnets de conducir en vigor. Según los informes estadísticos de la D.G.T. en cuanto al censo de conductores/as a 31 de diciembre de 2009 existe un porcentaje de carnets del 66,6 % para el sexo masculino y un 33,3 % para el femenino. Por lo tanto en la muestra del grupo de personas que circulan con los vehículos del ensayo se van a tratar de reproducir estos datos

Por otra parte, según los citados informes estadísticos de la D.G.T. en cuanto al censo de conductores/as a 31 de diciembre de 2009, los hombres con más de 5 años de experiencia en el carné de conducir B suponen un 37,7% sobre el total de conductores y conductoras, un 9,3% para aquellos hombres con menos de 5 años de experiencia, el 42,5% para las mujeres con más de 5 años de experiencia y un 10,5% para aquellas conductoras con menos de 5 años de experiencia. Así pues, se establece un menor número de conductores/as para una experiencia inferior a 5 años que para el resto; siempre sujetos a las posibilidades humanas existentes en el momento de las pruebas. .

Además, se ha pedido a uno de los conductores varones que realice una conducción más agresiva para poder comparar con tipos de conducción más normales.

De tal manera, la muestra utilizada fue la siguiente:

- Dos conductores varones con más de cinco años de experiencia.
- Un conductor varón con menos de cinco años de experiencia.
- Una conductora con más de cinco años de experiencia.
- Una conductora con menos de cinco años de experiencia.
- Un conductor que realiza el circuito con una conducción agresiva.

Si bien por disponibilidad no se ha podido mantener los mismos conductores/as en todas las pruebas, sí se ha intentado seguir las anteriores condiciones.

7. Elección de los Circuitos

Para la selección de los circuitos donde realizar las medidas, se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- **Representatividad.** Deben ser circuitos representativos del recorrido medio que realiza un conductor en vías urbanas e interurbanas para hacer los típicos desplazamientos diarios al trabajo o realizar las gestiones necesarias para su actividad cotidiana, lo cual puede suponer un 80 % de los desplazamientos dentro de una gran ciudad y por lo tanto, tendrán un alto impacto en el nivel de contaminación acústica.
- **Densidad de tráfico.** Ha de ser una zona en la que el nivel de tráfico rodado sea elevado pero sin llegar a un colapso tal que las velocidades de circulación fuesen poco representativas.
- **Nivel de emisiones acústicas de la zona.** La zona tiene que soportar niveles de emisión sonora elevados, ya que representa las condiciones de ruido de tráfico urbano que estamos buscando en el proyecto.

La Universidad Carlos III de Madrid se encuentra cerca de la capital nacional, Madrid. Una ciudad de tal envergadura se presenta ideal para este tipo de estudios pudiendo ubicar las zonas de ensayo en las cercanías de la Universidad. Esto permite una mayor comodidad y rapidez a la hora de turnarse entre conductores/as o de instalar la instrumentación.

Se ha utilizado el “Mapa Estratégico de Ruido de la Ciudad de Madrid”, elaborado por el Ayuntamiento de Madrid en cumplimiento del Real Decreto 1513/2005 que desarrolla la Ley 37/2003. Este instrumento cartográfico se ha elaborado a partir del Sistema de Actualización Dinámica del Mapa Acústico de Madrid (SADMAM), que es un diseño cuyo objetivo es cumplir con las exigencias establecidas en la Legislación de la UE y en la Ley del Ruido, en el menor tiempo posible y con una mayor fiabilidad que los procedimientos tradicionales, que utilizan exclusivamente modelos informáticos predictivos.

Este mapa ha sido creado al amparo de la legislación que regula en la actualidad el ruido ambiental:

- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- Su desarrollo reglamentario a través de los Reales Decretos 1513/2005 y 1367/2007.
- el Decreto 78/1999 por el que se regula el régimen de protección contra la contaminación acústica en la Comunidad de Madrid.
- A nivel Municipal, la Ordenanza de Protección de la Atmósfera contra la Contaminación por Formas de Energía.

En concreto, el artículo 8.2 apartado a) del Real Decreto 1513/2005, establece que: “Antes del 30 de junio de 2007 se habrán elaborado y aprobado por las autoridades competentes, mapas estratégicos de ruido sobre la situación del año natural anterior, correspondientes a todas las aglomeraciones con más de 250.000 habitantes y a todos los grandes ejes viarios cuyo tráfico supere los seis millones de vehículos al año, grandes ejes ferroviarios cuyo tráfico supere los 60.000 trenes al año, y grandes aeropuertos existentes en su territorio”.

Analizando los mapas en cada uno de los distritos, y teniendo en cuenta los criterios mencionados anteriormente (representatividad, densidad de tráfico, nivel sonoro, cercanía...), se ha seleccionado el distrito de Carabanchel para localizar el circuito. Dentro del distrito y de acuerdo con el mapa de ruido de los distintos barrios (figura 9) se ha seleccionado un circuito urbano siguiendo las líneas de mayores niveles de presión sonora equivalente, entre 70 - 75 dB(A), y con una densidad de tráfico entre 20.000 y 40.000 vehículos al día.

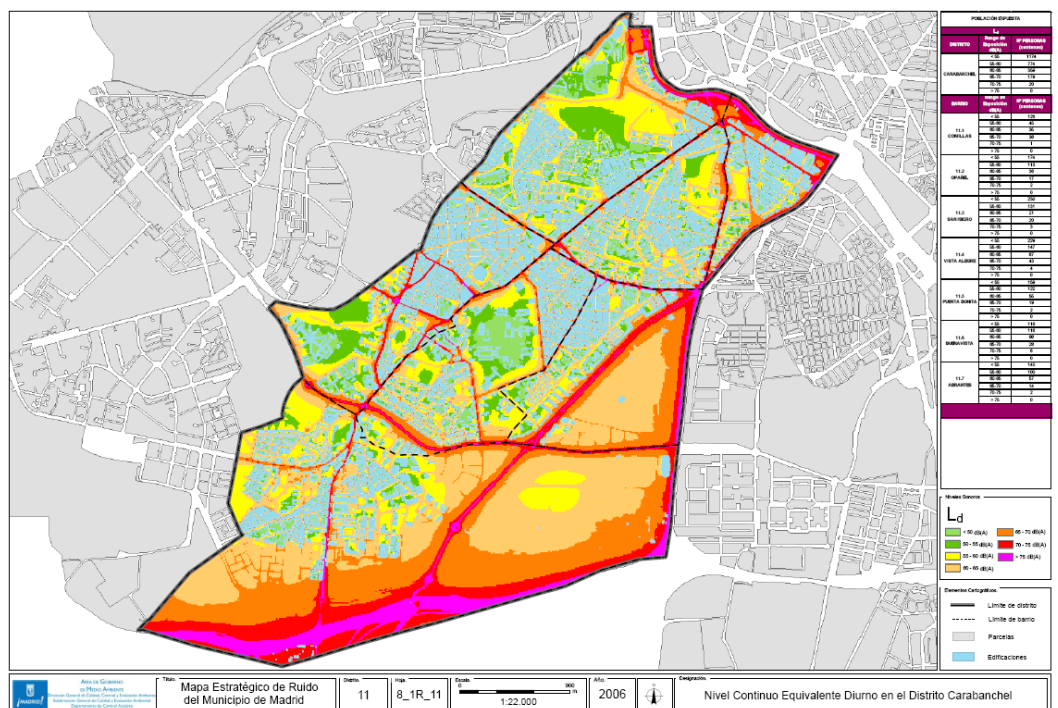


Figura 9. Nivel Continuo Equivalente Diurno en el Distrito Carabanchel.

El circuito comienza en la Avenida de los Poblados en su cruce con la Vía Lusitana, subiendo en dirección a la carretera de Extremadura. Se gira a la derecha en el cruce con la Calle Eugenia de Montijo y se toma la calle General Ricardos, bajando por esta calle hasta la Glorieta de Marqués de Vadillo. En este punto se gira a la derecha para subir por la calle Antonio Leiva hasta la Plaza de Fernández Ladreda. En esta plaza se toma la Vía Lusitana para llegar de nuevo al cruce de la Avenida de los Poblados, donde se termina el circuito.

El circuito urbano comprende vías limitadas a 50 km/h y en algunos tramos a sólo 30 km/h. El 50% del circuito transcurre por calles de un solo carril por sentido de la circulación, mientras que el otro 50% aproximadamente se corresponde con calles de dos carriles por sentido.

Teniendo en cuenta los mismos factores se eligió para el circuito de carretera el tramo de la autovía de circunvalación M-40 comprendido entre los kilómetros 22 y 27, con tres carriles por sentido y una velocidad máxima permitida de 100 km/h. Con el mismo criterio y para poder valorar la circulación a mayores velocidades, se ha seleccionado un circuito extraurbano que se corresponde con un nivel de presión sonora equivalente superior a los 75 dB(A) y una densidad de tráfico entre 100.000 y 150.000 vehículos día.

Es un trayecto cercano al distrito de Carabanchel y a la Universidad Carlos III de Madrid por lo que resulta cómodo a la hora de realizar el estudio: se hace un circuito y después el otro para finalmente detenerse en la Universidad y cambiar de conductor/a (figura 10).

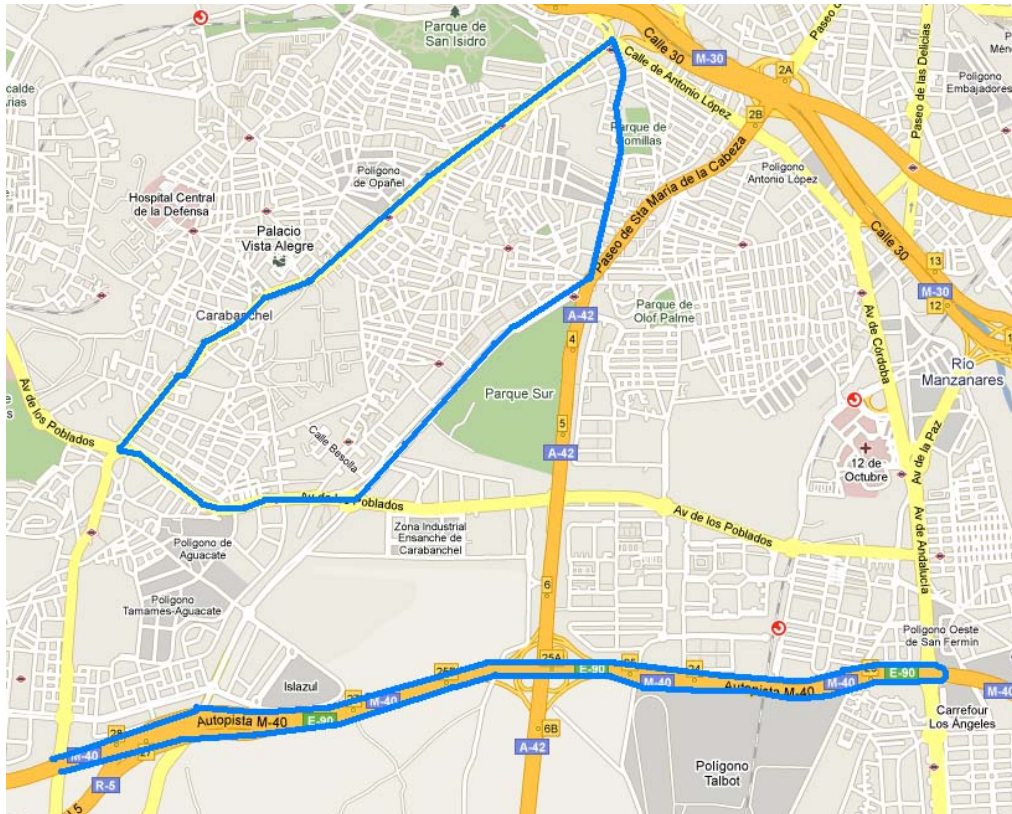


Figura 10. Recorridos de los circuitos (urbano: zona superior, carretera: zona inferior).

Ambos circuitos tienen recorridos individuales comprendidos entre 8 y 11 km, lo que resulta representativo de las distancias medias que recorre un conductor por vías urbanas de acuerdo con el informe “Research for the sustainable mobility” emitido por la comisión Europea para la Energía y el Transporte.

8. Elección de los Vehículos

Los vehículos turismo han sido elegidos según los segmentos más vendidos: urbanos y berlinas/familiares medios. No se analizan el resto de segmentos por tener una menor aportación al tráfico rodado y por consiguiente a la emisión de ruido urbano.

Aunque los vehículos que funcionan con gasoil son los predominantes en los últimos años (70% de las matriculaciones), se tiene en consideración para este estudio las dos motorizaciones Diésel y gasolina comúnmente más utilizadas.

De esta manera se podrán analizar las distintas formas de conducción con vehículos de diferentes tamaños y motorizaciones así como la consecuente utilización de la caja de cambios en función, además de la forma de conducir de cada conductor, de las diferencias que encontramos entre un vehículo Diesel y gasolina; ya que el primero trabaja a un menor régimen de giro que el segundo.

Así pues, los vehículos que se han utilizado en los ensayos han sido:

- Dos vehículos del **segmento B** (utilitarios pequeños), muy abundantes en la circulación de las grandes ciudades. Son vehículos compactos, normalmente de baja cilindrada y potencia hasta 73 kW, con un bajo consumo de combustible. Si el usuario dispone de dos vehículos, el segundo suele ser de este segmento. Analizando las matriculaciones de vehículos en el año 2009, este segmento se corresponde con el 30% del parque en España.
- Dos vehículos del **segmento C**. Vehículos familiares, también abundantes en la circulación urbana, dado que se utilizan tanto como vehículo familiar como para desplazamientos al trabajo. Son vehículos de potencias medias (entorno a 100 kW). Analizando las matriculaciones de vehículos en el año 2009, este segmento se corresponde con el 29% del parque en España.
- Dos vehículos del **Segmento D**. Es el siguiente escalón. Son adquiridos por los conductores de mayor poder adquisitivo. Se trata de vehículos de gran cilindrada y potencia pero que tienen también presencia en el tráfico urbano. Analizando las matriculaciones de vehículos en el año 2009, este segmento se corresponde con el 15% del parque en España.

El resto de los segmentos tienen un impacto mucho más pequeño en el tráfico urbano, por lo que su contribución al nivel de emisiones sonoras se supondrá de menor importancia que el de los segmentos seleccionados.

A la hora de seleccionar modelos concretos, se han tenido en cuenta los datos de matriculaciones publicados por ANFAC de los años 2008 y 2009, escogiendo vehículos que se encontrasen entre los más vendidos. De esta forma, los vehículos utilizados han sido:

- Seat Ibiza Gasolina (segmento B).
- Seat Ibiza Diesel (segmento B).
- Volkswagen Golf Diesel (segmento C).
- Opel Astra Gasolina (segmento C).
- Audi A4 Diesel (segmento D).
- Mercedes C180 Gasolina (segmento D).

9. Instrumentación y Montaje

La instrumentación que se ha utilizado para el registro de los datos y de las mediciones está compuesta principalmente por los siguientes equipos:

- Sistema de adquisición y registro IMC DAX-CL de 16 canales a 20 kHz.
- Sistema de posicionamiento global (G.P.S.) Vbox II Lite a 10 Hz.
- Sistema CAN BUS TMCAN-AOI4-Eth ODB2. Sonda Elm 317.
- Micrófonos Shure MX183. Fuente Phantom Fonestar PH1 de 48 V. Calibrador B&K 4231.

Para el montaje se procede a conectar el sistema de diagnóstico abordo (ODB2) con el vehículo para registrar los datos de régimen de giro del motor, posición del pedal del acelerador, carga del motor, velocidad, aceleración y distancia recorrida (figura 11).



Figura 11. Conexión ODB2-Vehículo (izquierda). ODB2 (derecha).

Estos datos son registrados y almacenados en un ordenador portátil:



Figura 12. Registro de Datos que transmite el Vehículo.

Por otra parte, y de una forma similar, se toman datos de la posición del vehículo a través del Vbox II Lite. Gracias al posicionamiento GPS y a la cartografía, el sistema también calcula la aceleración del vehículo.

Todo ello queda almacenado al unísono en el sistema portátil DAX-CL gracias a la multitud de canales que posee, quedando instalado en la zona del acompañante para interferir lo menos posible con el conductor/a.

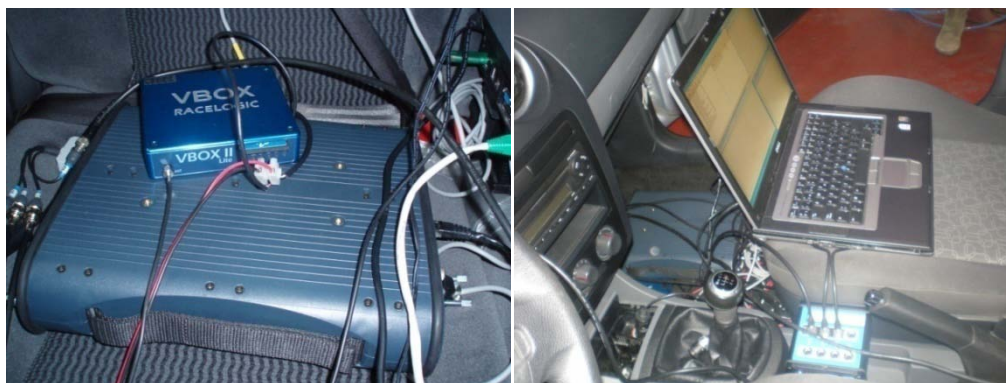


Figura 13. Vbox II Lite y DAX-CL (izquierda). Instrumentación zona Acompañante (derecha).

Se elige la ubicación de los micrófonos en una zona cercana al conducto de aire de admisión dentro del vano motor y bajo el capó para un micrófono y la zona de la rueda trasera opuesta al tubo de escape para el otro (figura 14).

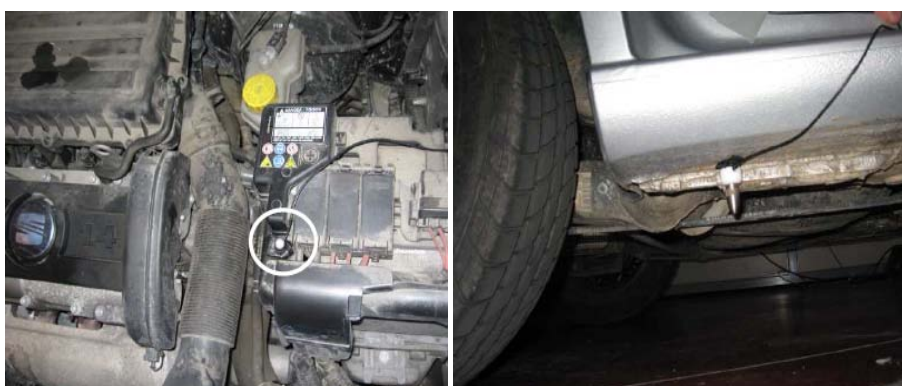


Figura 14. Ubicación de los Micrófonos.

Toda la instrumentación nos sirve para registrar, como parámetros principales, los siguientes:

Parámetro	Equipo	Unidades
Régimen de giro del motor	TMCAN	rev/min
Carga del motor	TMCAN	%
Posición del acelerador	TMCAN	%
Micrófono motor	IMC	dB(A)
Micrófono rueda	IMC	dB(A)
Latitud	Vbox	grados
Longitud	Vbox	grados
Altura	Vbox	metros
Distancia	Vbox	metros
Velocidad	Vbox	km/h
Aceleración longitudinal	Vbox	m/s ²
Aceleración lateral	Vbox	m/s ²
Tiempo	Vbox	segundos

Tabla 12. Parámetros de Medición.

Aunque no todos serán utilizados en el estudio: altura y aceleración lateral entre otros.

10. Procedimiento de Ensayo

Después de preparar el vehículo con la instrumentación anteriormente comentada el primer conductor/a sale de la universidad UC3M con la intención de hacer los dos recorridos, carretera y urbano, seguidos y conduciendo como habitualmente lo haría con su vehículo particular y adaptándose a las circunstancias del tráfico. Una vez acabados ambos recorridos el conductor/a vuelve a la Universidad para dejar el vehículo en manos del siguiente conductor/a (figura 15).

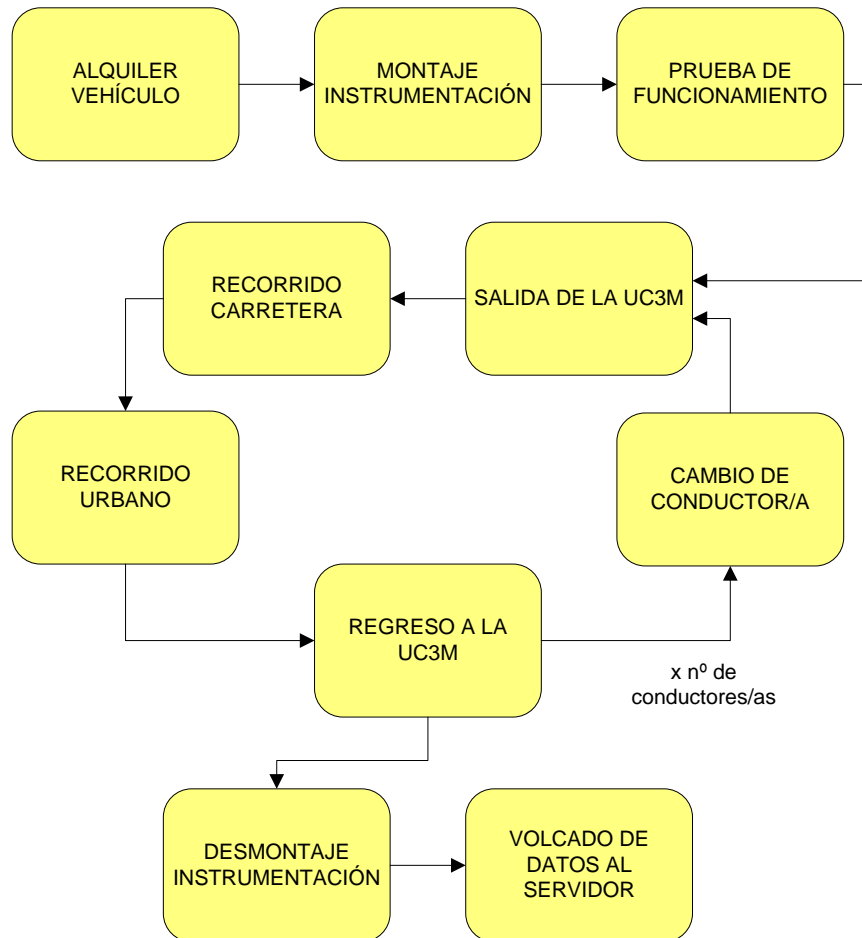


Figura 15. Procedimiento de Ensayo.

Así pues, se efectúan los circuitos a distintas horas del día (mañana y tarde) y con la consiguiente diferencia que pueda existir en el tráfico en distintas franjas horarias.

Cuando el número de conductores/as asignados a un vehículo termina los circuitos, los datos registrados por los equipos de medida son volcados al servidor de trabajo para su posterior análisis.

11. Procesado de Datos

Para obtener los resultados se han procesado primero los datos cortando los archivos y preparándolos en dos partes bien diferenciadas: una que represente el circuito de carretera y otra el circuito urbano.

Esto se hace principalmente en función de las coordenadas GPS que el sistema Vbox registra, pero también se analiza la posibilidad de que los datos no sean representativos, es decir, cabe la posibilidad de que un conductor/a que esté recorriendo la zona establecida como circuito carretera tenga un percance tal que suponga una velocidad igual a cero durante un largo tiempo, esta parte quedaría fuera del estudio. O conduciendo en la zona urbana se haya alcanzado una velocidad demasiado alta como para considerar condiciones de ciclo urbano. Por este motivo se encontrarán pequeñas variaciones en la distancia recorrida por cada conductor/a y por cada vehículo. El motivo principal será llegar a una velocidad excesivamente baja en el comienzo y el fin del circuito carretera y conseguir una velocidad correspondiente a un recorrido urbano en el comienzo de tal circuito al abandonar la zona de autovía.

Para dividir los datos en los dos circuitos se ha utilizado el programa de análisis de datos de Racelogic que incorpora el Vbox II Lite llamado VboxTools. Con este programa vemos el recorrido hecho por los vehículos de forma gráfica además de tener a nuestro alcance multitud de datos de posicionamiento global, velocidad, aceleración, etc (figura 16).

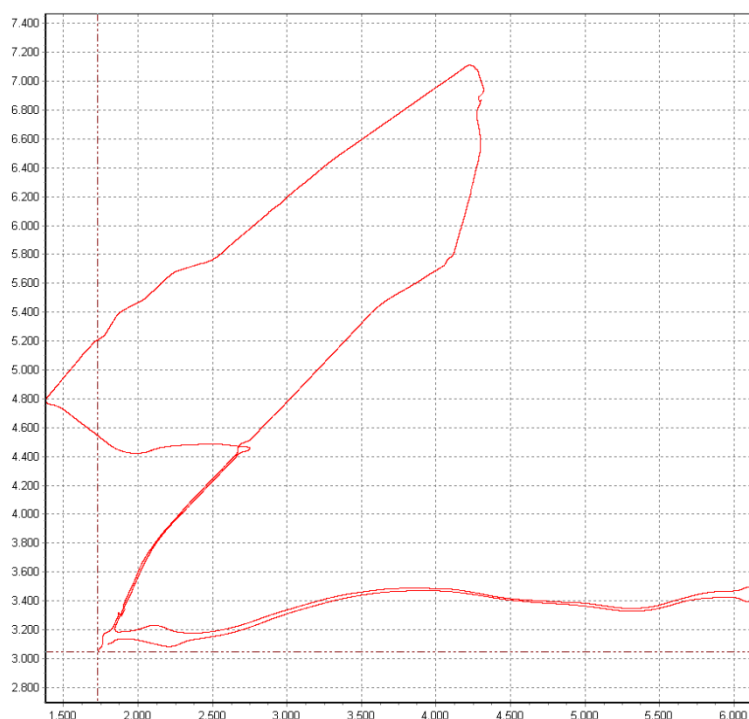


Figura 16. Datos del posicionamiento global de los circuitos en VboxTools.

Así pues, determinamos el comienzo y el fin de cada circuito con las coordenadas de latitud y longitud y utilizamos los datos que ya podemos ver en VboxTools para empezar a hacer una primera parte del análisis (exportando los mismos a Excel).

Con las mismas coordenadas de inicio y fin de circuito que tenemos en Vbox volvemos a cortar los archivos registrados en el DAX-CL utilizando el programa Famos: este programa nos permite procesar los datos de forma estadística y gráfica (figura 17).

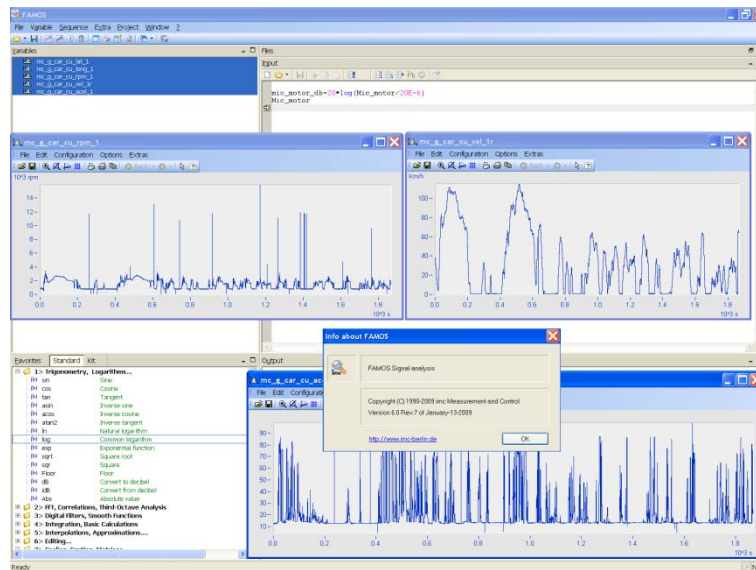


Figura 17. Análisis de datos con el programa Famoss.

Como ya se ha mencionado anteriormente, hemos utilizado Excel para procesar parte de los datos por la facilidad de trabajar con este programa en cualquier ordenador (figura 18).

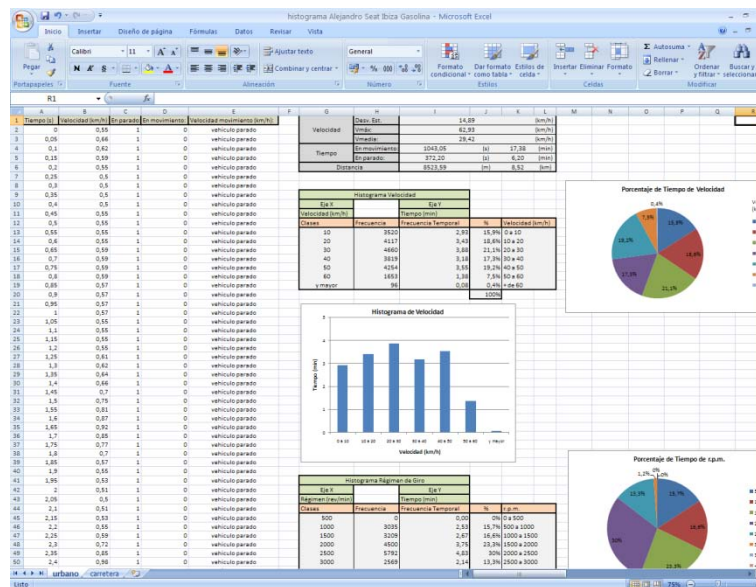


Figura 18. Análisis de datos con Excel.

12. Resultados

A continuación, se exponen para cada conductor y en cada vehículo los siguientes datos:

- Un histograma de velocidades que muestra en qué clases de velocidades emplea el conductor/a más tiempo en su conducción.
- Un segundo histograma de régimen de giro del motor para saber qué rango de revoluciones por cada minuto es el más utilizado en cada caso.
- Un gráfico circular que refleja la utilización de la caja de cambios así como la parte de tiempo que emplea el conductor/a en cambiar de marcha o en estar parado dentro de cada circuito.
- Se incluye dos tablas de cada circuito y en cada vehículo como resumen del análisis estadístico.
- Por último se presentan dos gráficos con la utilización media de las marchas engranadas por cada vehículo.

A partir de estos resultados se podrá confeccionar un análisis para extraer las conclusiones oportunas de acuerdo a los objetivos del presente estudio mencionados en su parte inicial.

12.1. Seat Ibiza Gasolina

Seat Ibiza Gasolina - Conductor 1: Circuito Carretera.

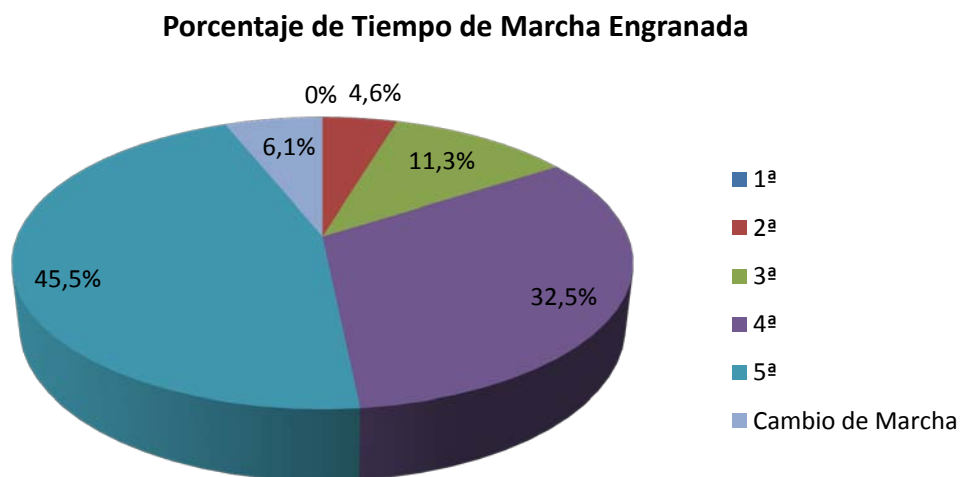
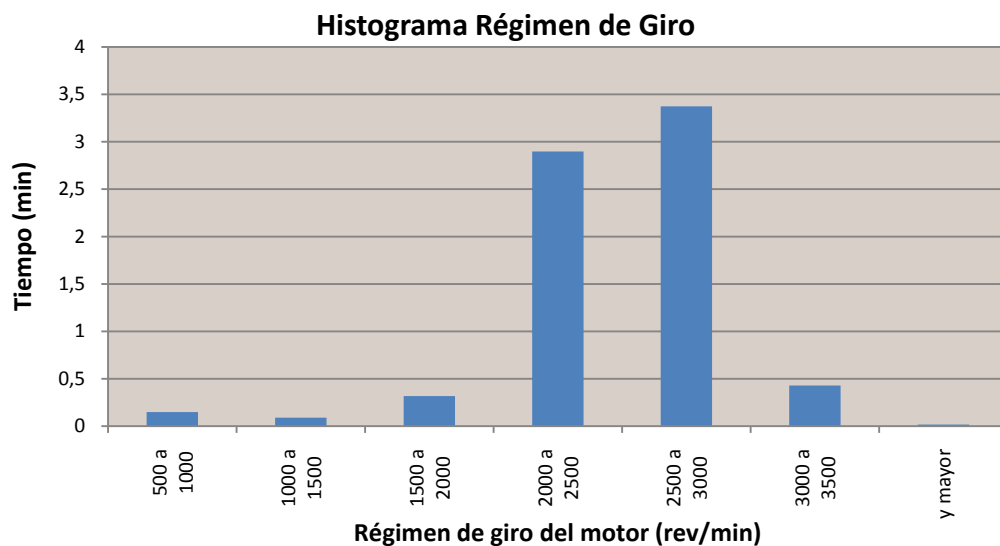
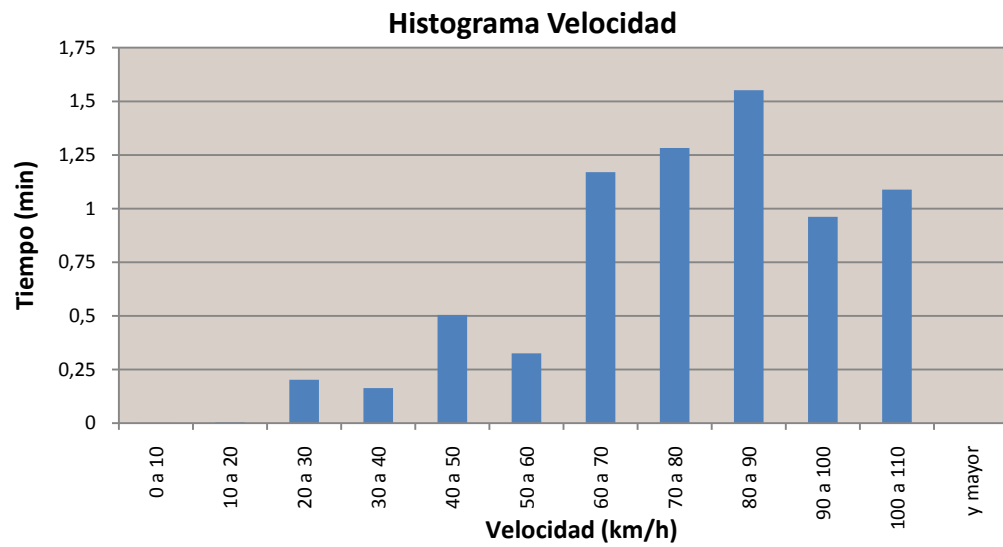


Figura 19. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 1: Circuito Carretera.

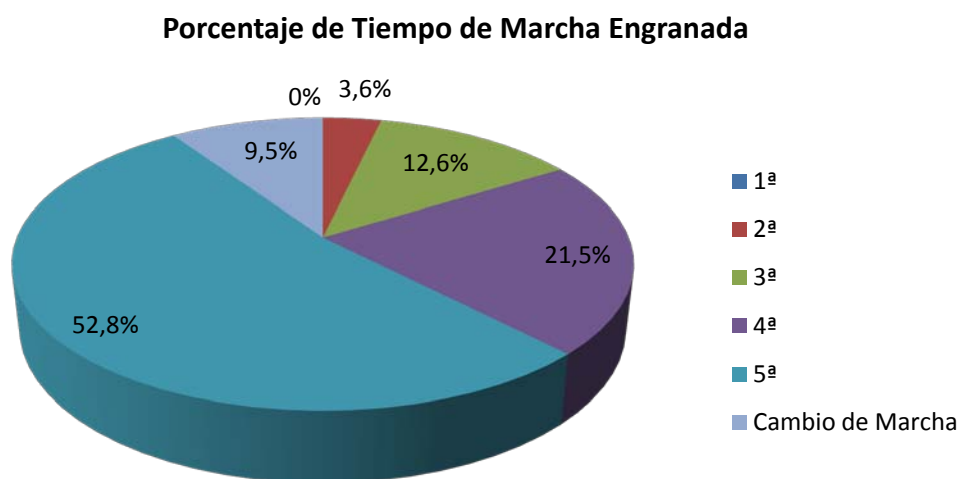
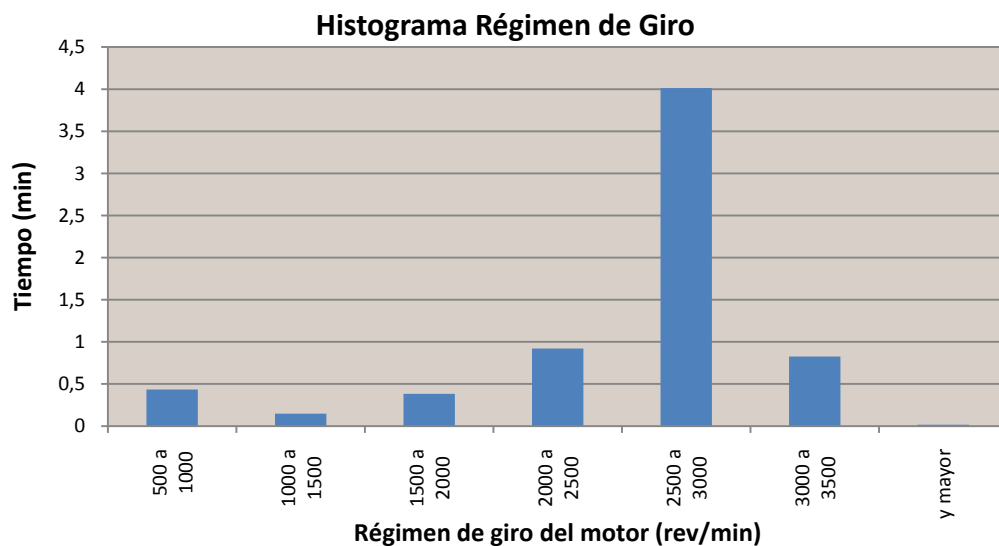
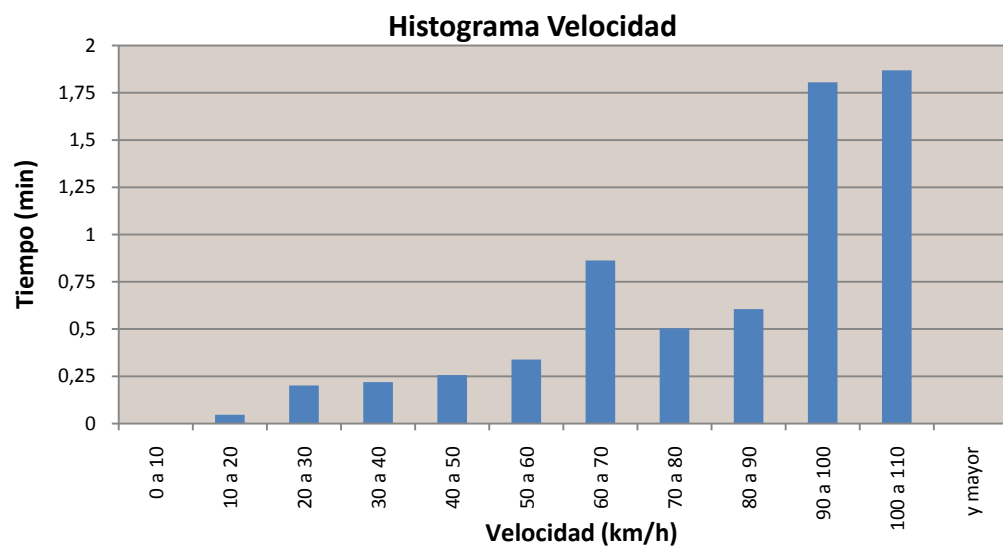


Figura 20. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 2: Circuito Carretera.

Seat Ibiza Gasolina - Conductor 3: Circuito Carretera.

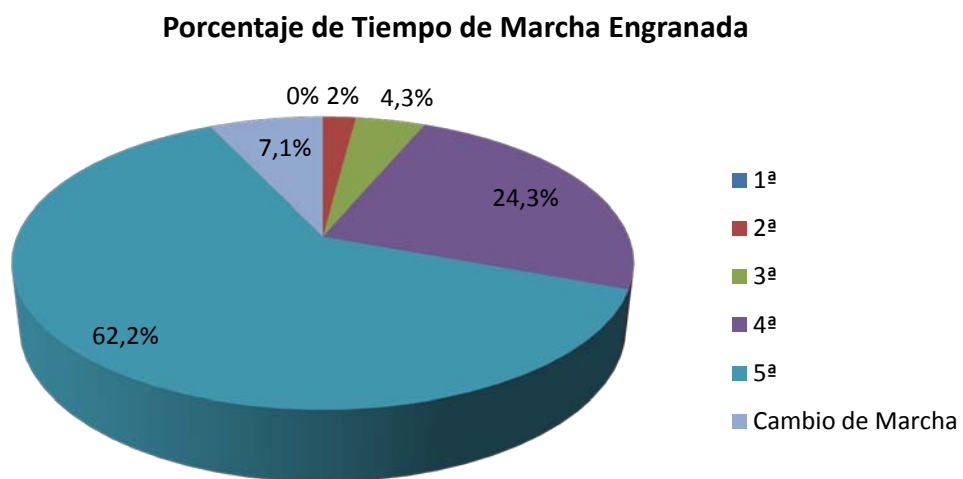
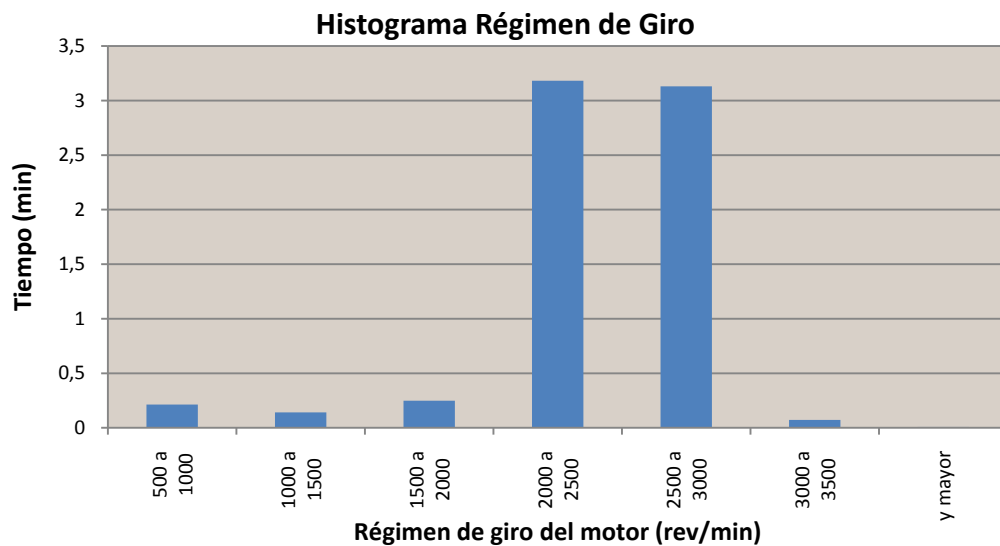
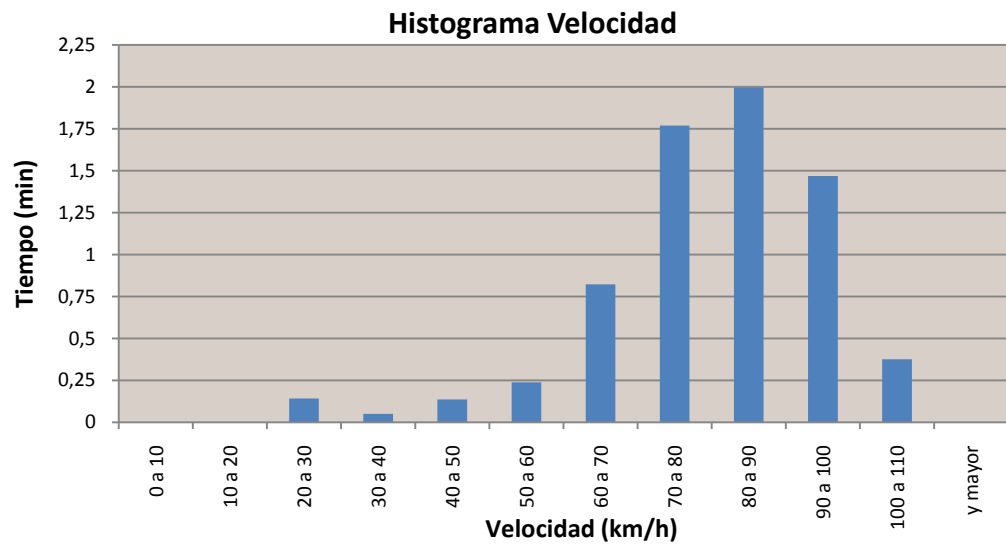


Figura 21. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 3: Circuito Carretera.

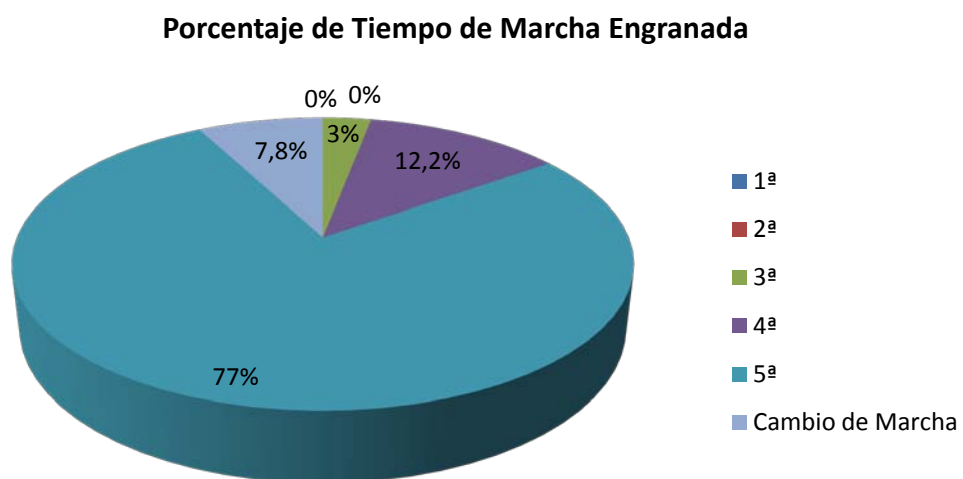
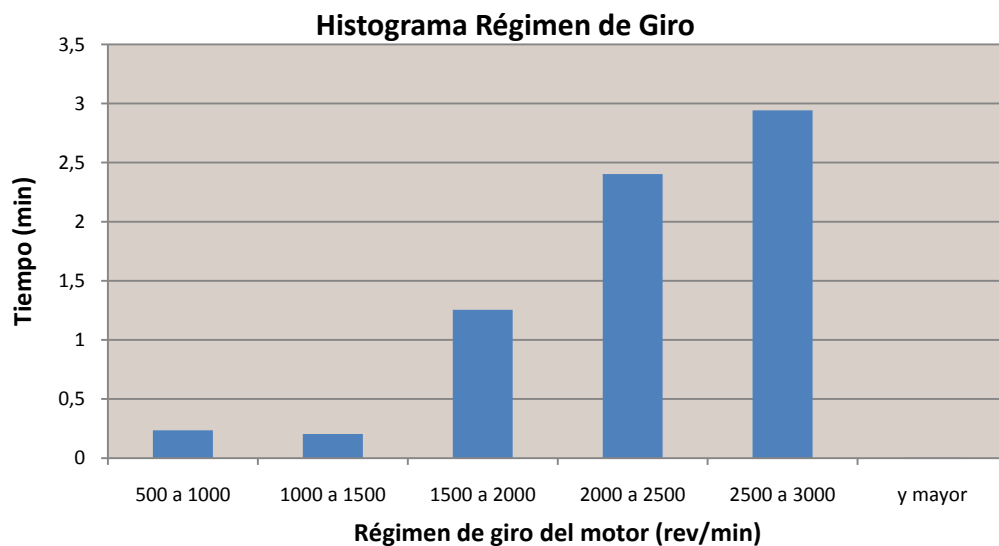
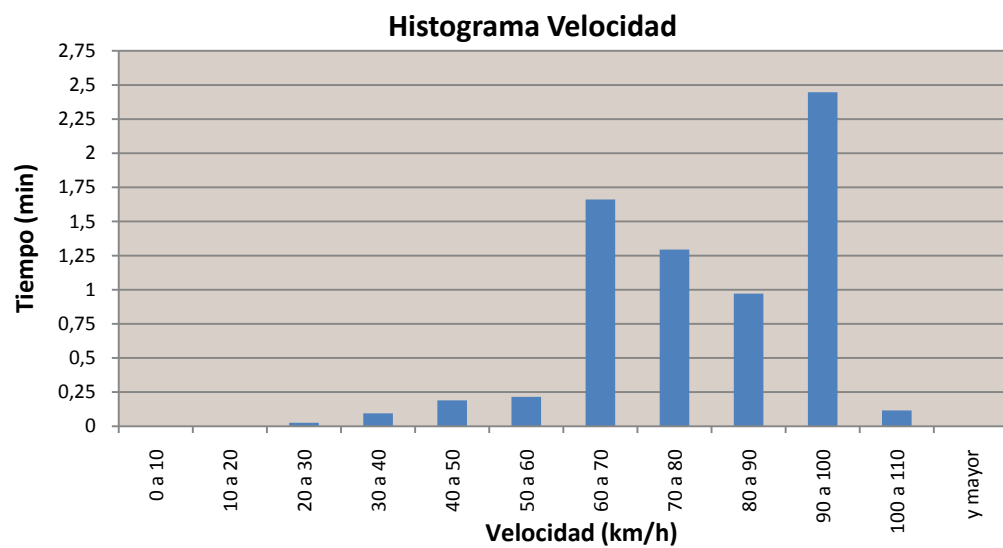


Figura 22. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 4: Circuito Carretera.

Seat Ibiza Gasolina - Conductor 5: Circuito Carretera.

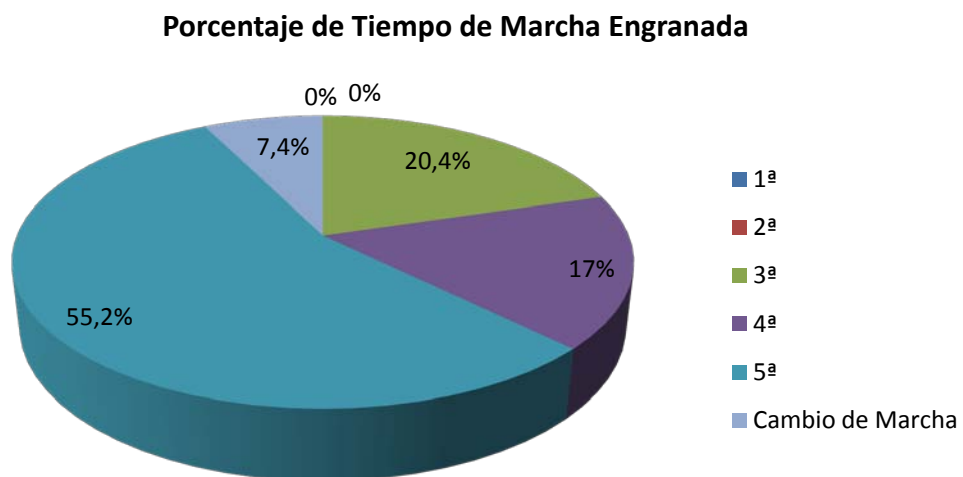
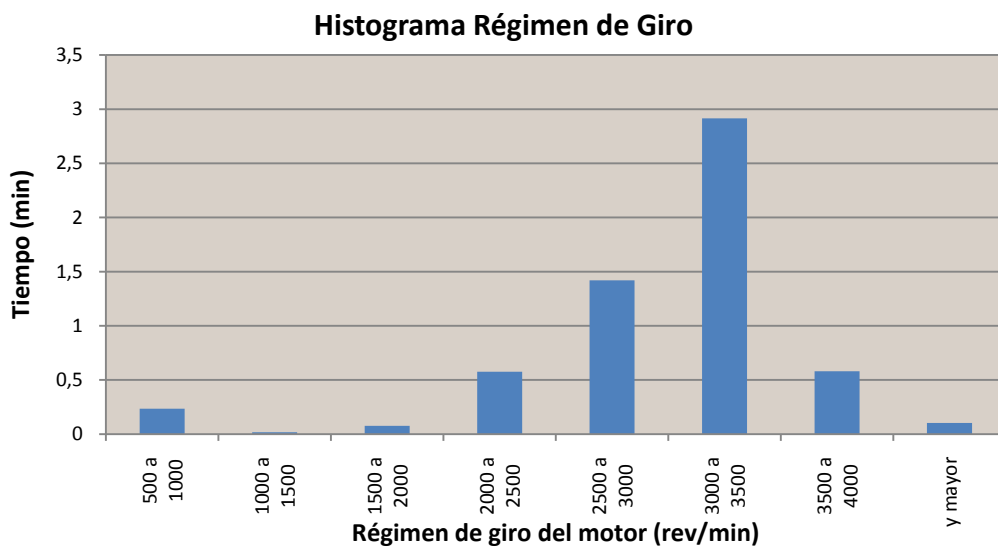
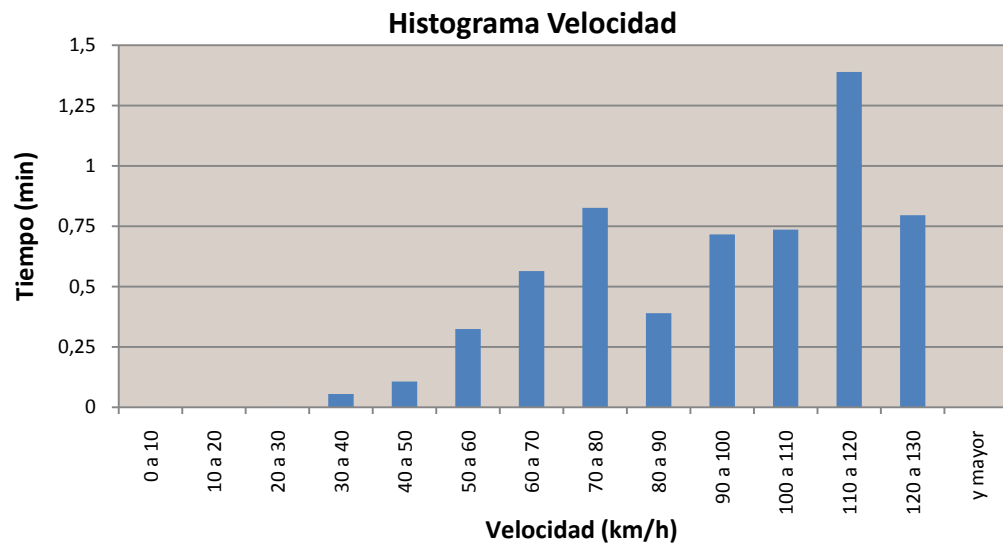


Figura 23. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 5: Circuito Carretera.

Seat Ibiza Gasolina - Conductor 6: Circuito Carretera.

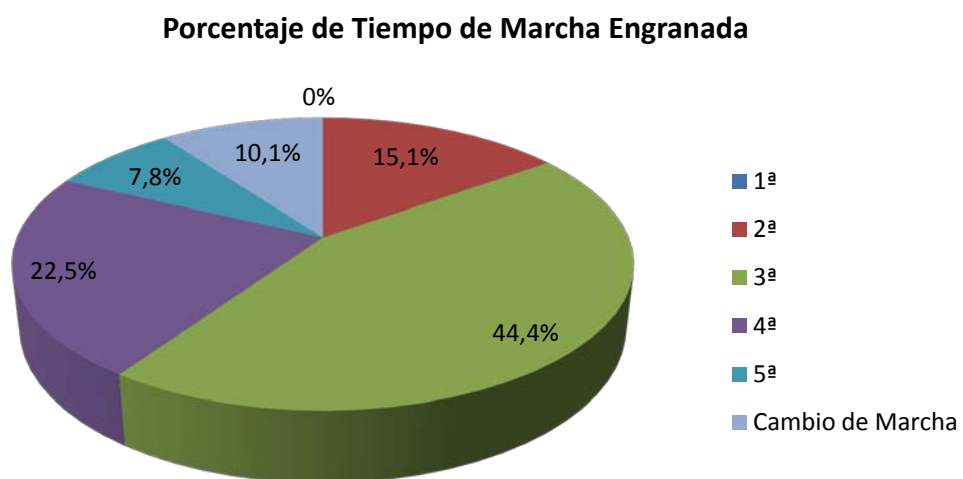
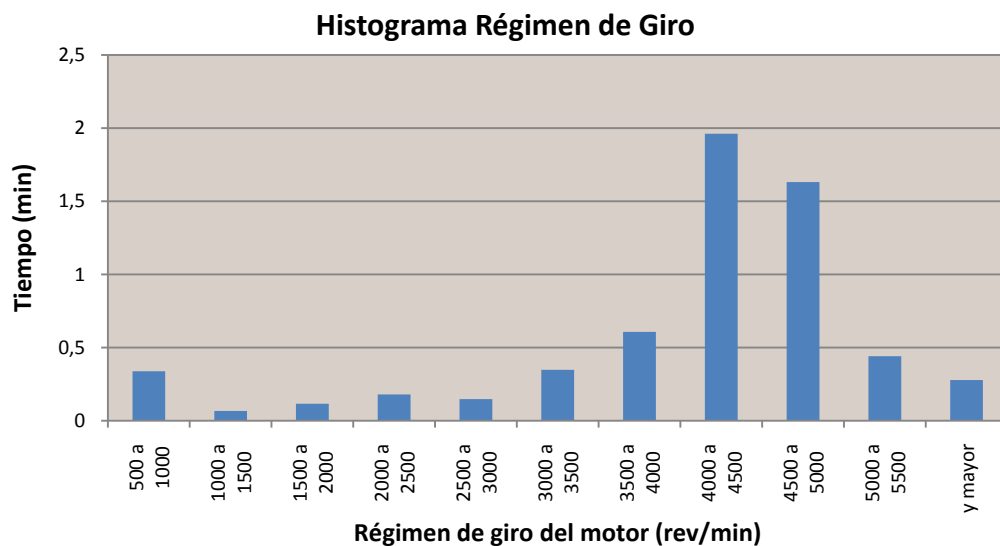
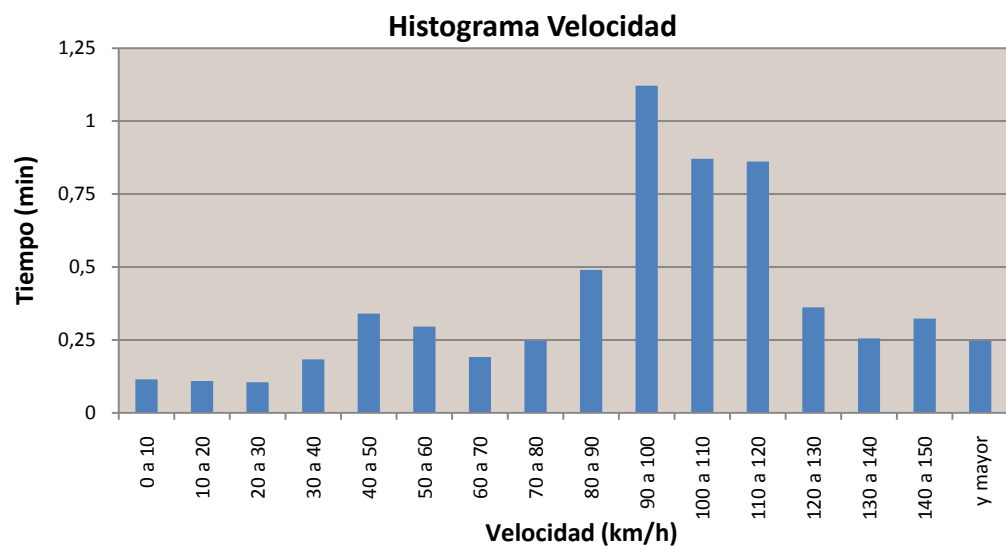


Figura 24. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 6: Circuito Carretera.

Seat Ibiza Gasolina - Conductor 1: Circuito Urbano.

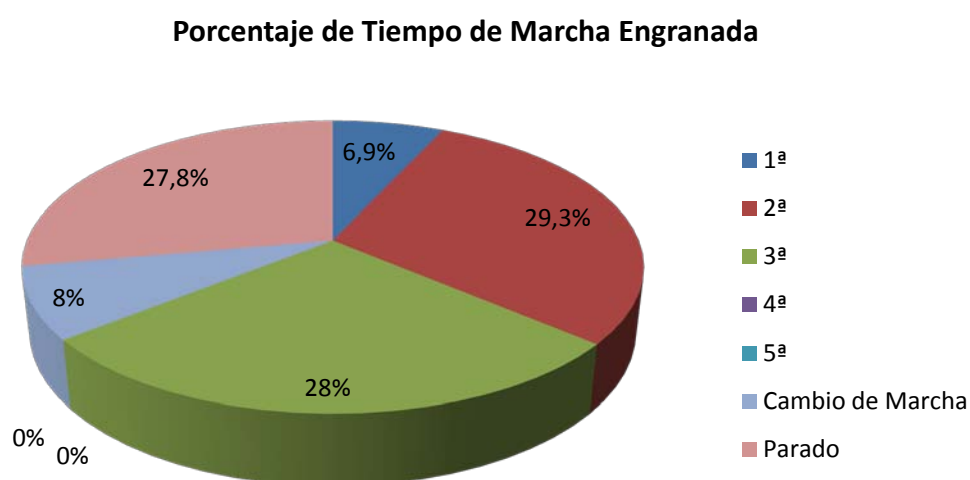
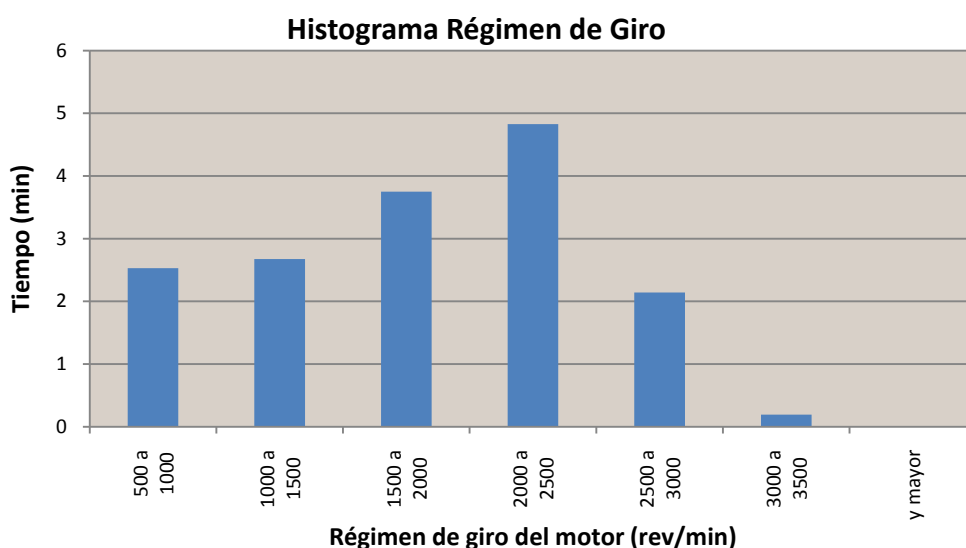
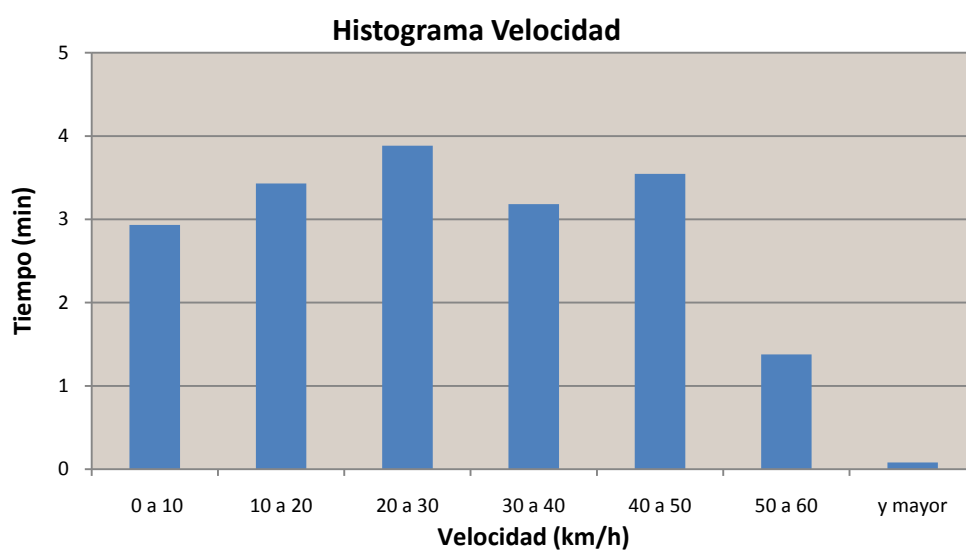


Figura 25. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 1: Circuito Urbano.

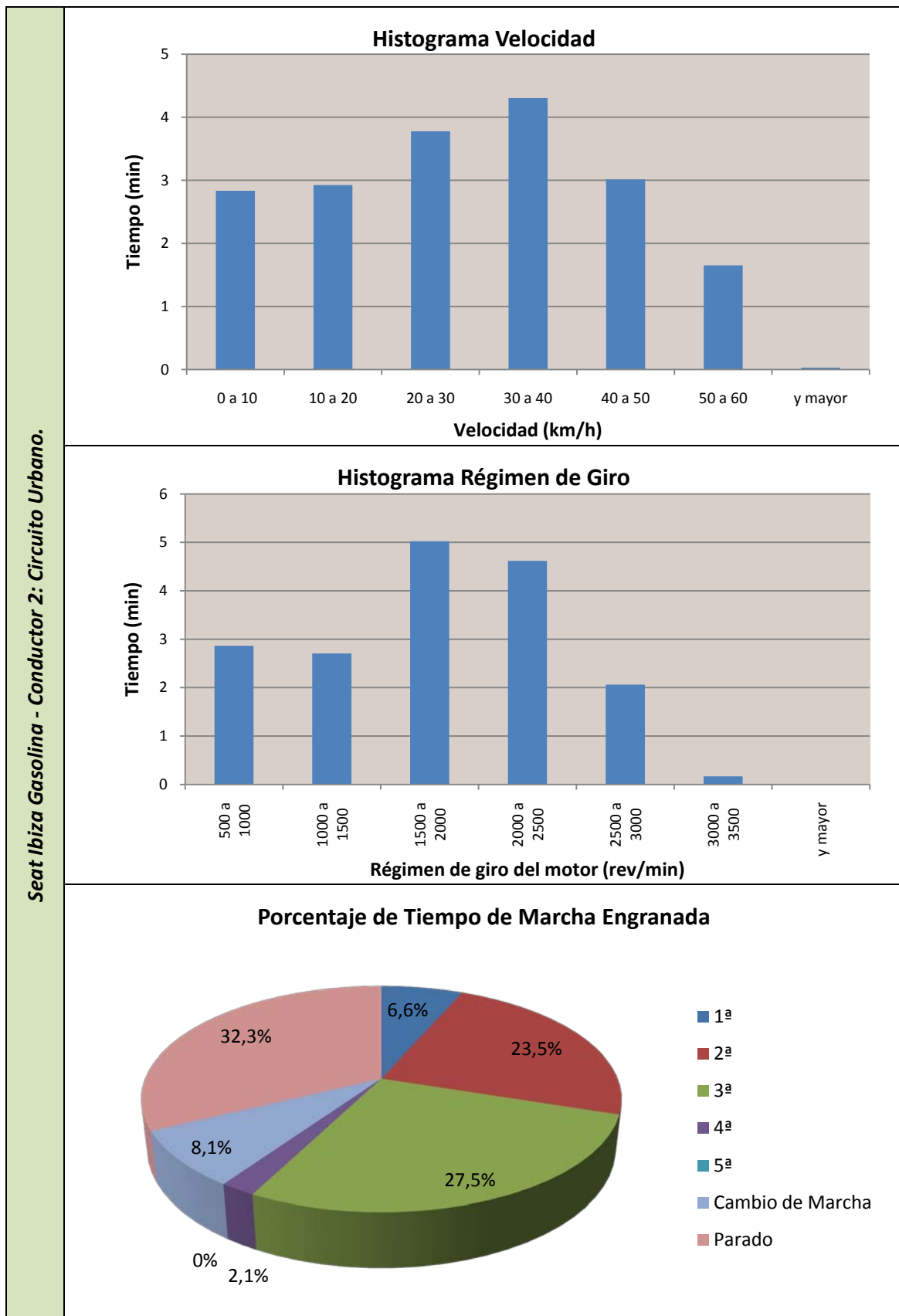


Figura 26. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 2: Circuito Urbano.

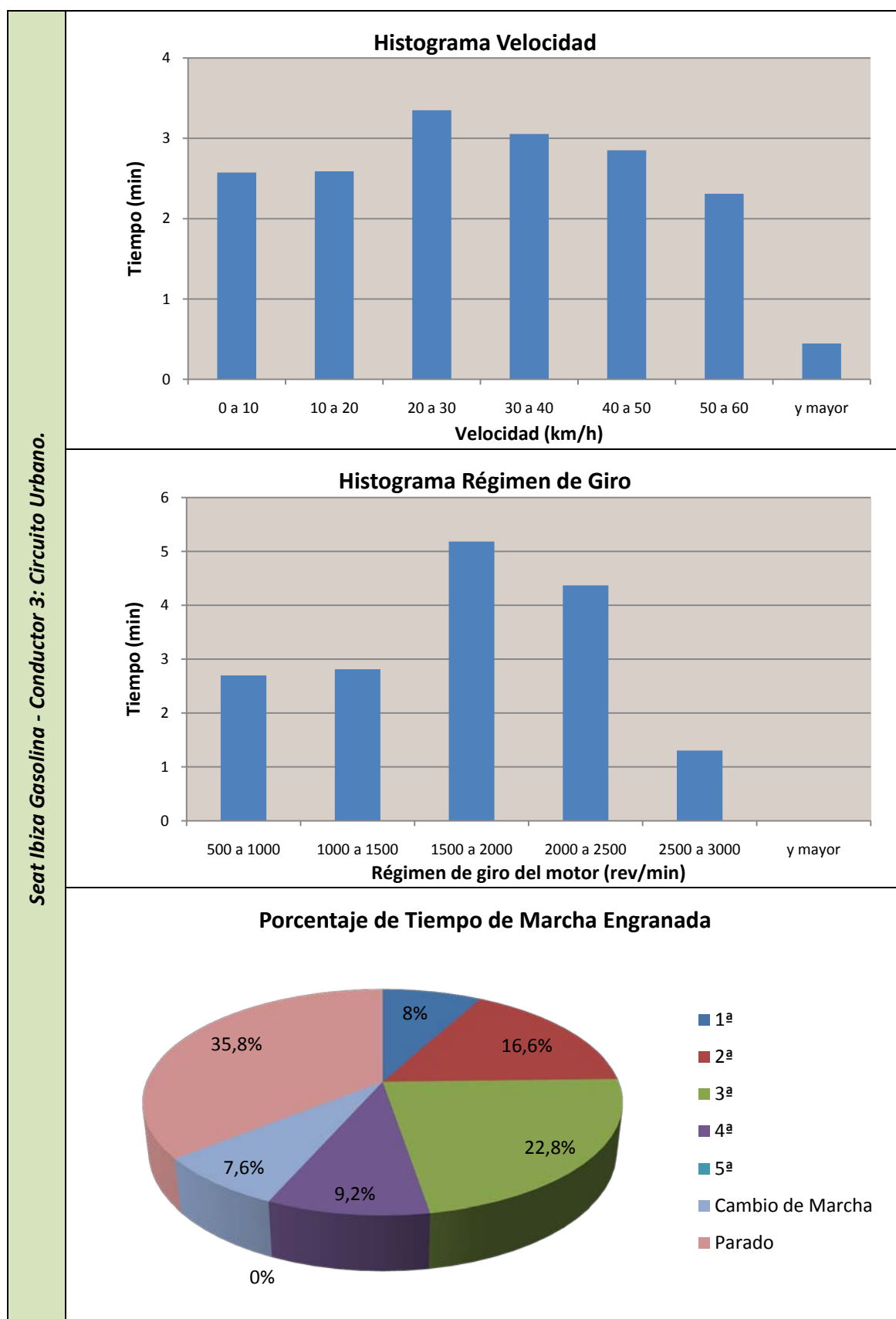


Figura 27. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 3: Circuito Urbano.

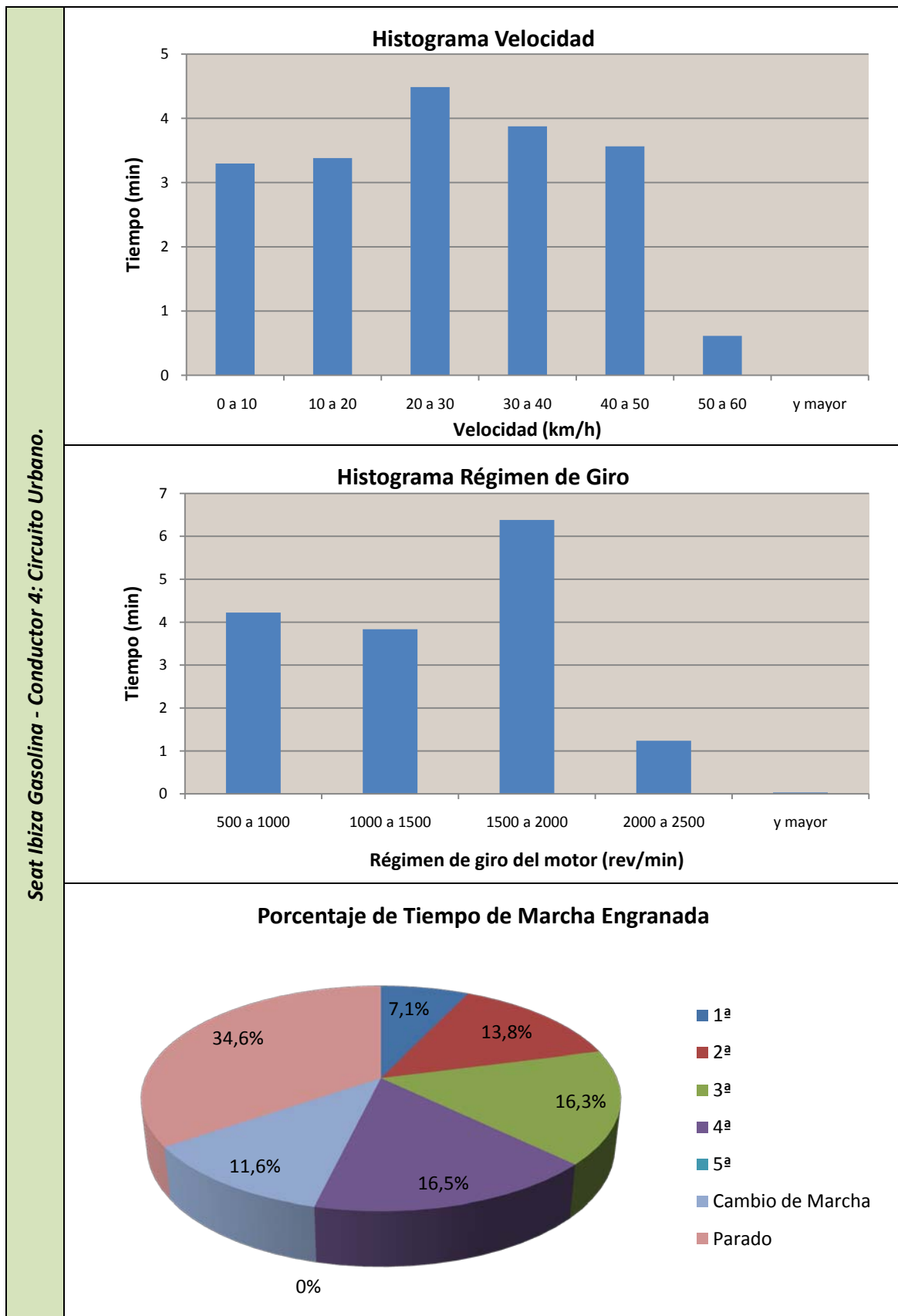


Figura 28. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 4: Circuito Urbano.

Seat Ibiza Gasolina - Conductor 5: Circuito Urbano.

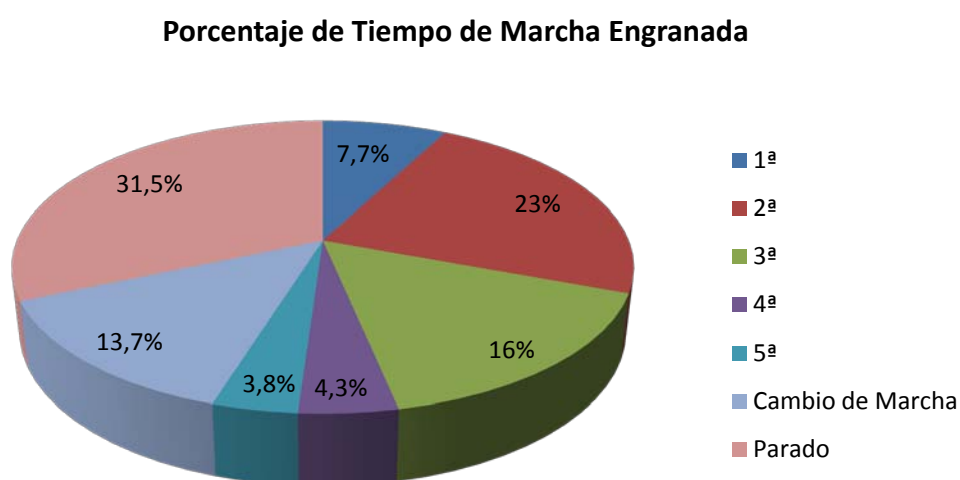
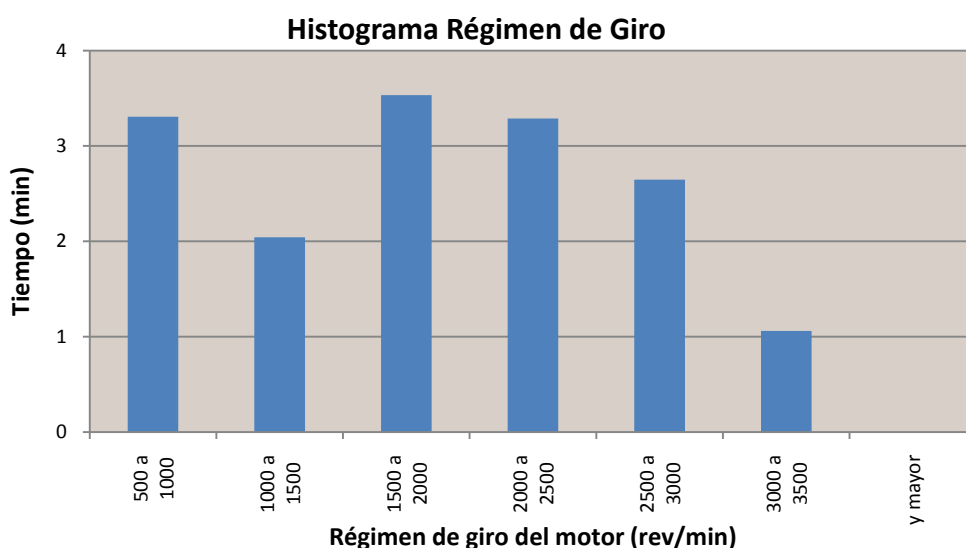
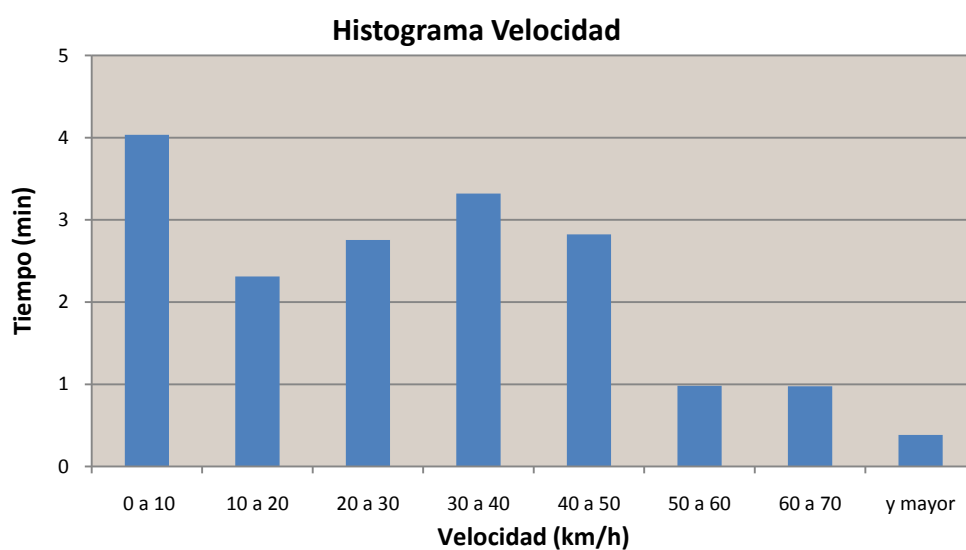


Figura 29. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 5: Circuito Urbano.

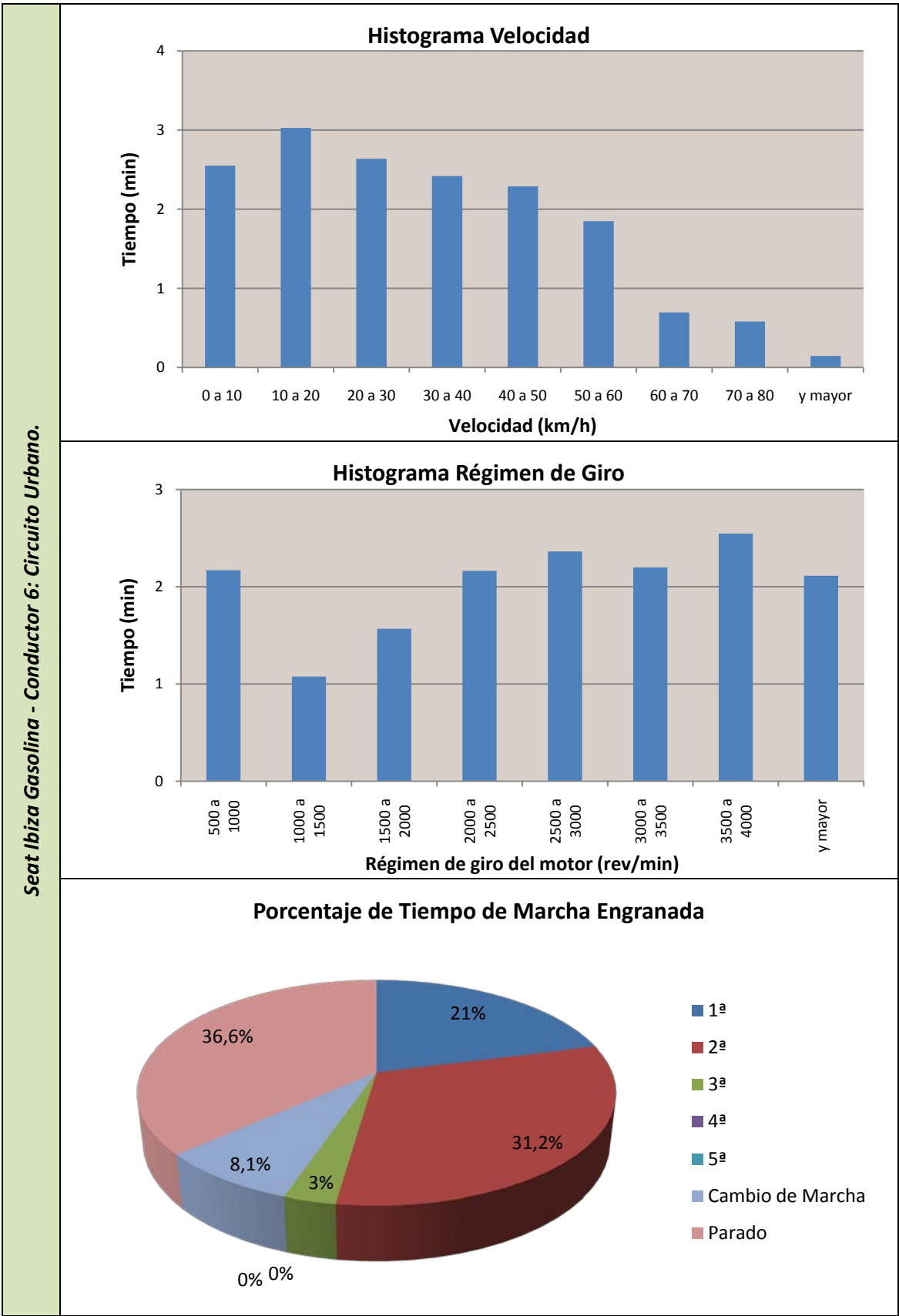


Figura 30. Datos Procesados Seat Ibiza Gasolina - Conductor 6: Circuito Urbano.

PROPUESTA DE ENSAYO PARA HOMOLOGAR
EL RUIDO EMITIDO POR UN VEHÍCULO AUTOMÓVIL

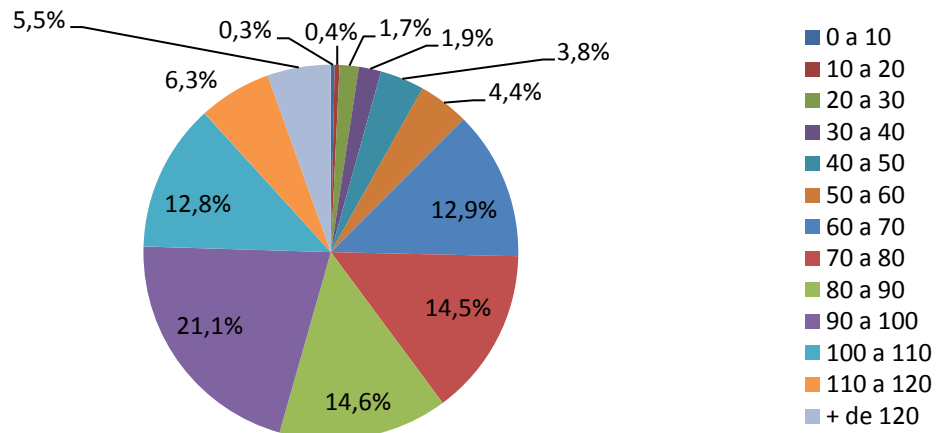
Circuito Carretera	Conductor/a		Conductor 1	Conductor 2	Conductor 3	Conductor 4	Conductor 5	Conductor 6
	Vmedia (km/h)		77,45	82,98	80,10	79,07	95,00	94,48
	Vmáx. (km/h)		106,41	107,34	102,80	101,88	125,42	157,44
	Desv. Est. (km/h)		19,84	22,56	15,61	15,44	23,07	34,48
	Máx. Histograma Vel. (min)		1,55	1,87	2,00	2,44	1,39	1,12
	Máx. Histograma Rev. (min)		3,37	4,01	3,18	2,94	2,92	1,96
	Tiempo Mov. (min)		7,25	6,71	7,00	7,02	5,90	6,12
	Distancia (m)		9360,35	9277,95	9344,15	9244,98	9347,27	9634,63
	Porcentaje de Tiempo	En 1ª	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		En 2ª	4,6%	3,6%	2%	0%	0%	15,1%
		En 3ª	11,3%	12,6%	4,3%	3%	20,4%	44,4%
		En 4ª	32,5%	21,5%	24,3%	12,2%	17%	22,5%
		En 5ª	45,5%	52,8%	62,2%	77%	55,2%	7,8%
		Cambio Marcha	6,1%	9,5%	7,1%	7,8%	7,4%	10,1%

Tabla 13. Resumen Datos Procesados en el Circuito Carretera del Seat Ibiza Gasolina.

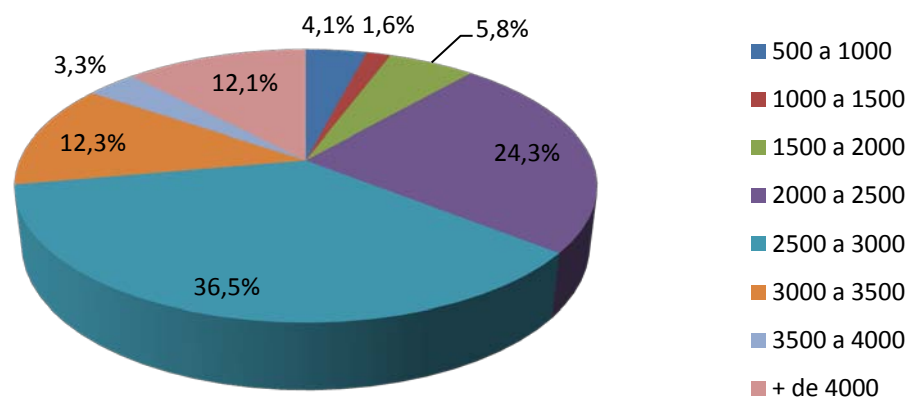
Circuito Urbano	Conductor/a		Conductor 1	Conductor 2	Conductor 3	Conductor 4	Conductor 5	Conductor 6
	Vmedia (km/h)		29,42	30,08	31,60	27,28	31,42	31,77
	Vmáx. (km/h)		62,93	62,38	64,67	58,10	76,89	84,15
	Desv. Est. (km/h)		14,89	14,17	16,18	13,92	18,20	19,83
	Máx. Histograma Vel. (min)		3,88	4,30	3,35	4,49	4,04	3,03
	Máx. Histograma Rev. (min)		4,83	5,02	5,18	6,38	3,53	2,55
	Tiempo Parado (min)		6,20	8,32	9,17	8,35	7,33	9,36
	Tiempo Mov. (min)		17,38	17,43	16,46	18,72	15,95	16,19
	Distancia (m)		8523,59	8740,23	8667,62	8512,06	8351,17	8573,08
	Porcentaje de Tiempo	En 1ª	6,9%	6,6%	8%	7,1%	7,7%	21%
		En 2ª	29,3%	23,5%	16,6%	13,8%	23%	31,2%
		En 3ª	28%	27,5%	22,8%	16,3%	16%	3%
		En 4ª	0%	2,1%	9,2%	16,5%	4,3%	0%
		En 5ª	0%	0%	0%	0%	3,8%	0%
		Cambio Marcha	8,0%	8,1%	7,6%	11,6%	13,7%	8,1%
	Parado		28%	32,3%	35,8%	34,6%	31,5%	36,6%

Tabla 14. Resumen Datos Procesados en el Circuito Urbano del Seat Ibiza Gasolina.

Porcentaje de Tiempo de todos los Conductores/as en cada Rango de Velocidades



Porcentaje de Tiempo de todos los Conductores/as en cada Rango de Revoluciones



Porcentaje de Tiempo de todos los Conductores/as en cada Marcha

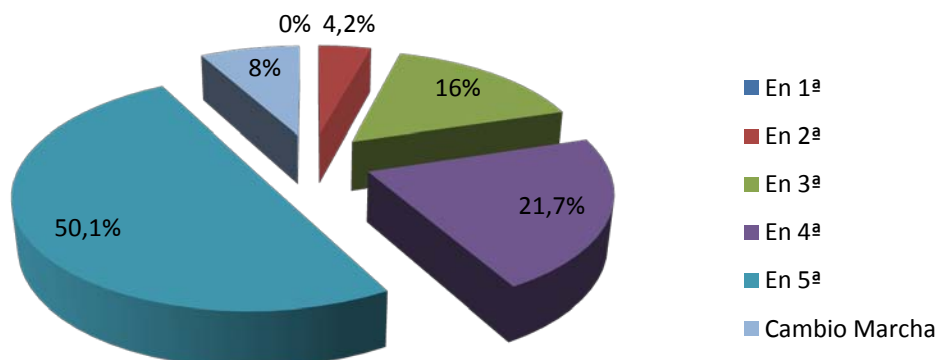


Figura 31. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Seat Ibiza Gasolina en el Circuito Carretera.

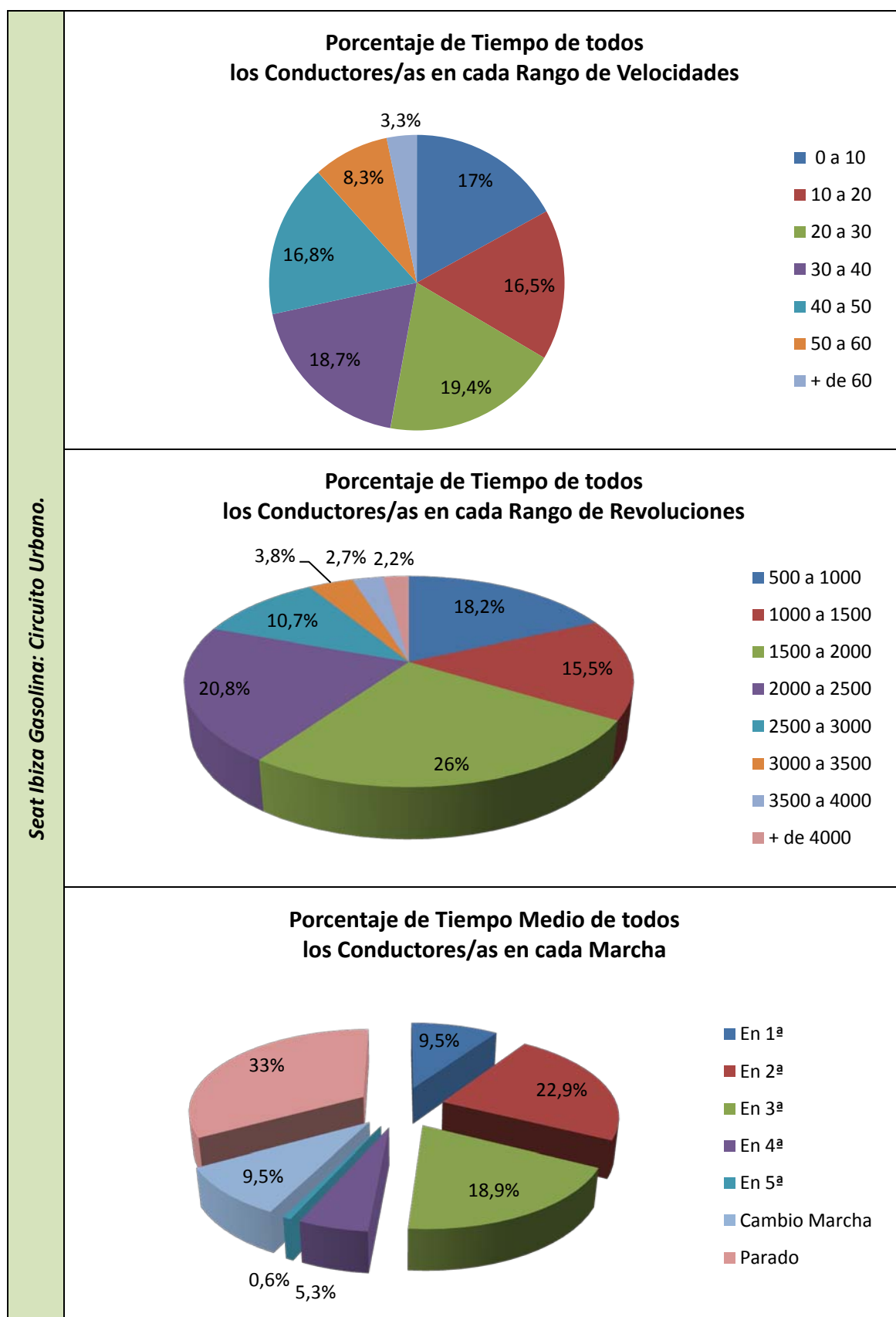


Figura 32. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Seat Ibiza Gasolina en el Circuito Urbano.

12.2. Seat Ibiza Diésel

Seat Ibiza Diésel - Conductor 1: Circuito Carretera.

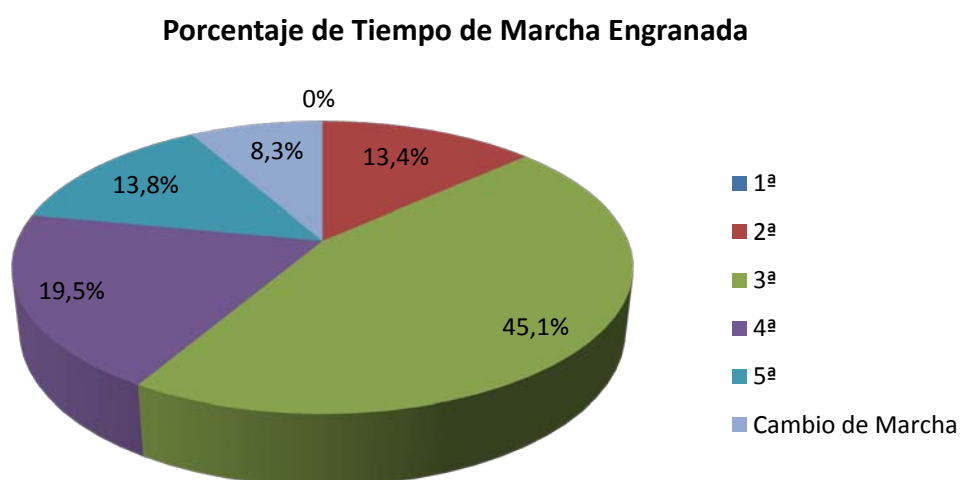
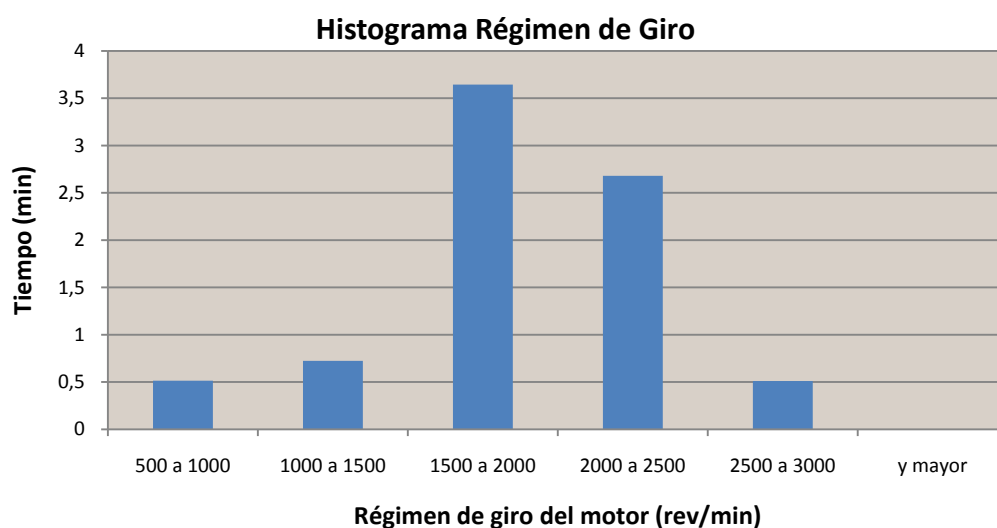
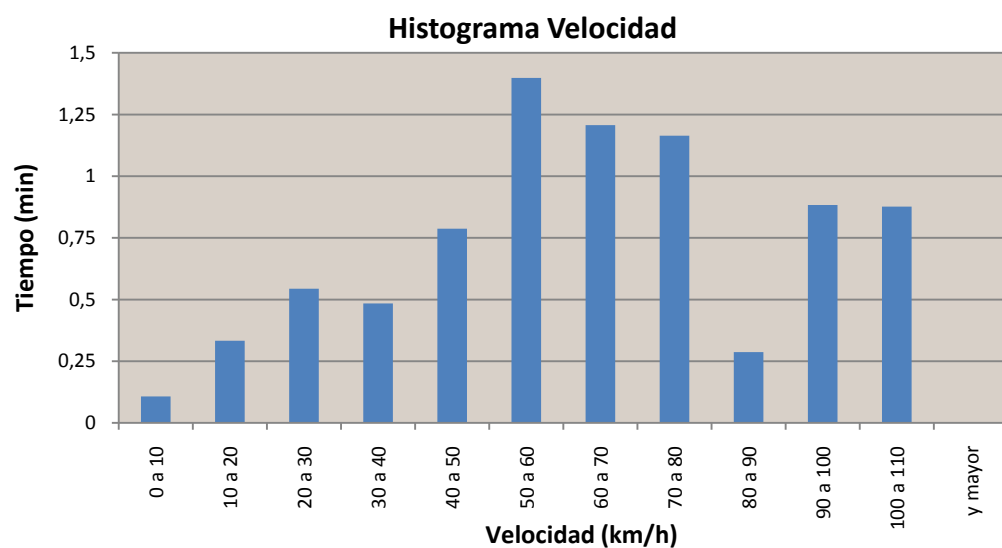


Figura 33. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 1: Circuito Carretera.

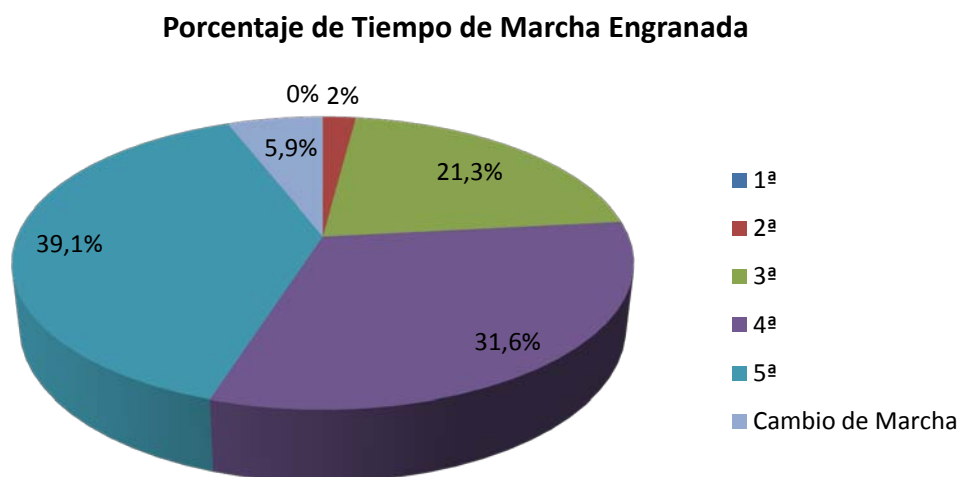
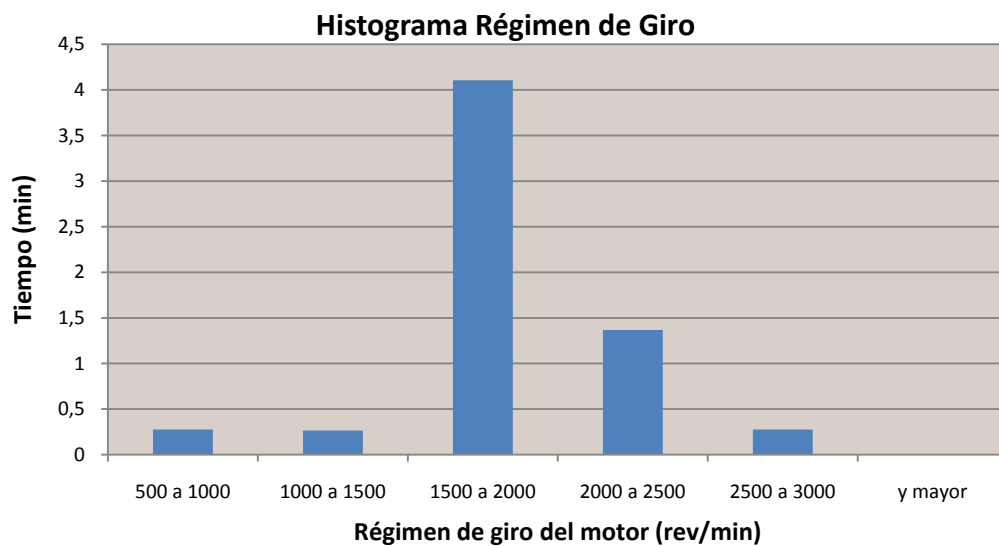
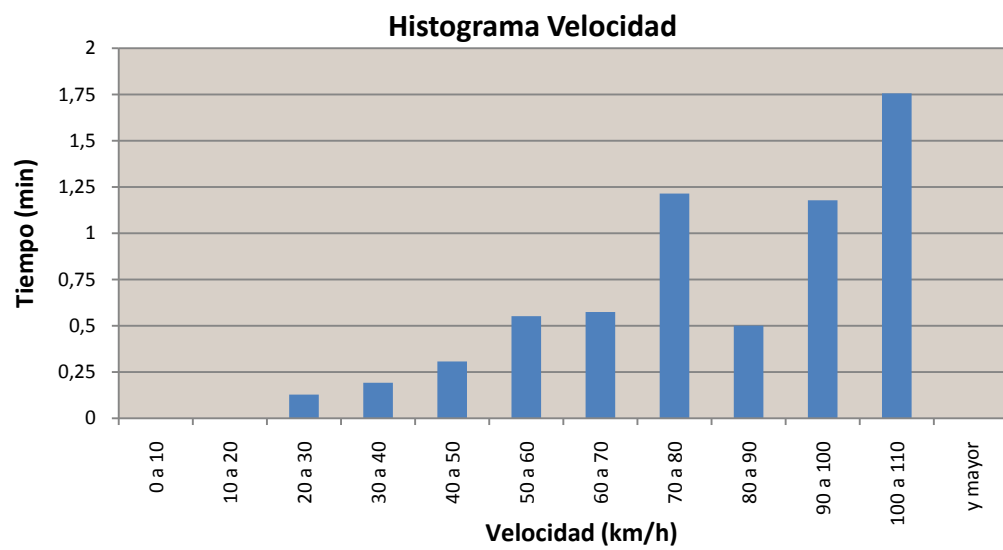


Figura 34. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 2: Circuito Carretera.

Seat Ibiza Diésel - Conductor 3: Circuito Carretera.

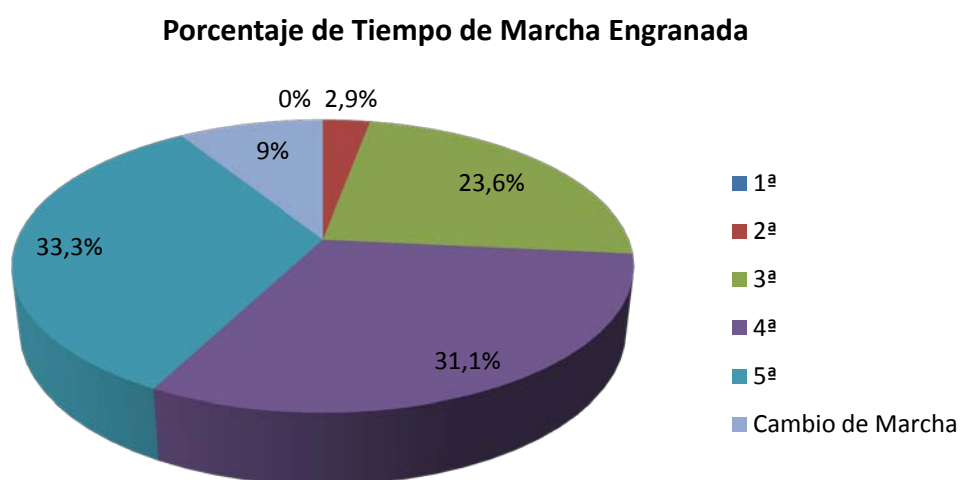
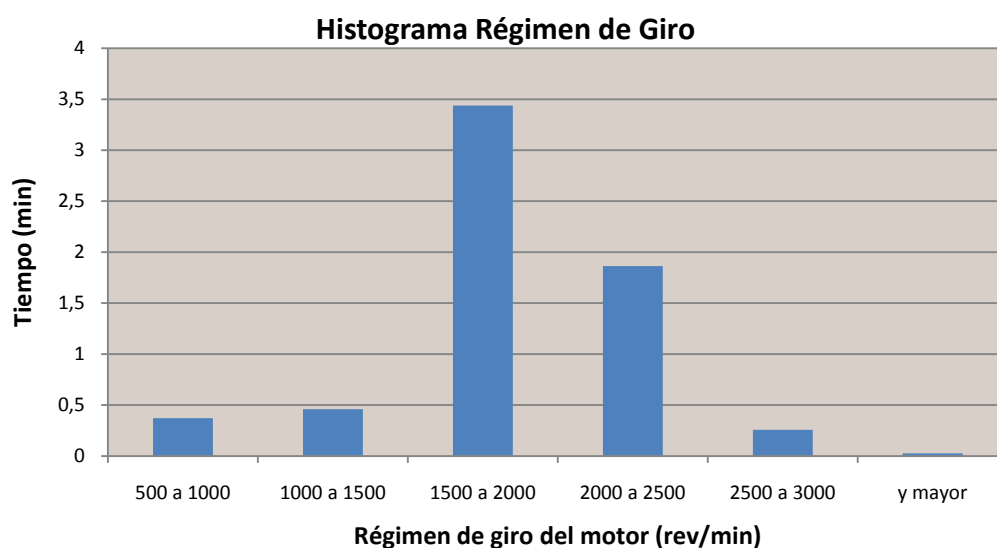
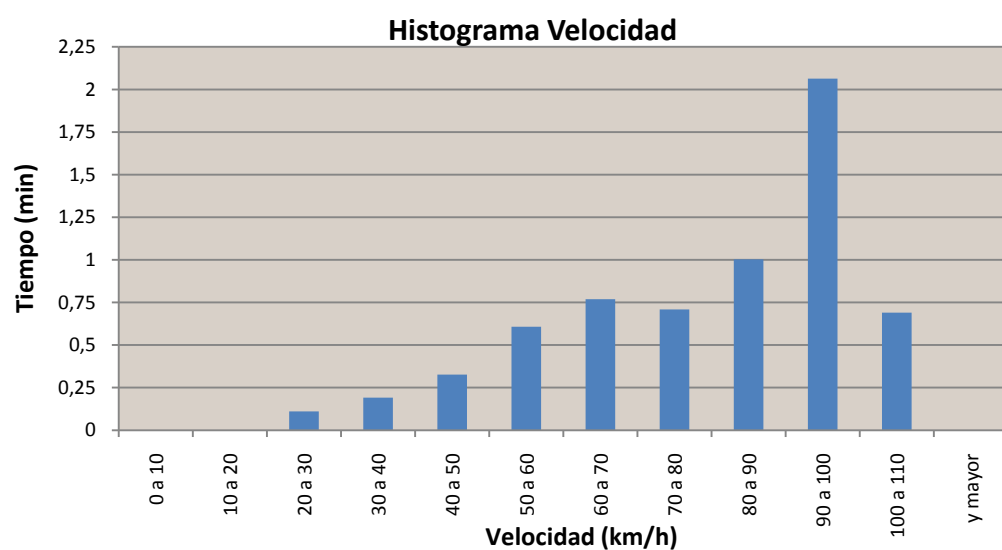


Figura 35. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 3: Circuito Carretera.

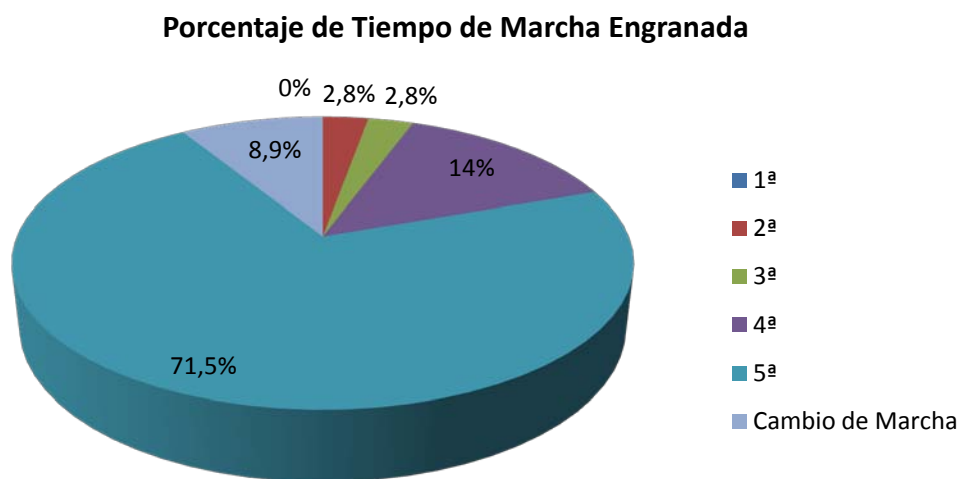
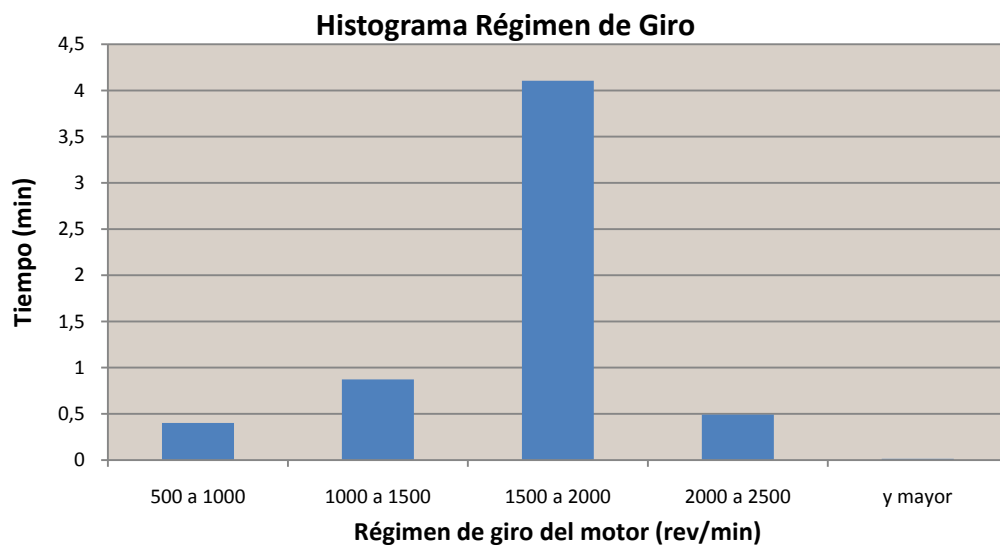
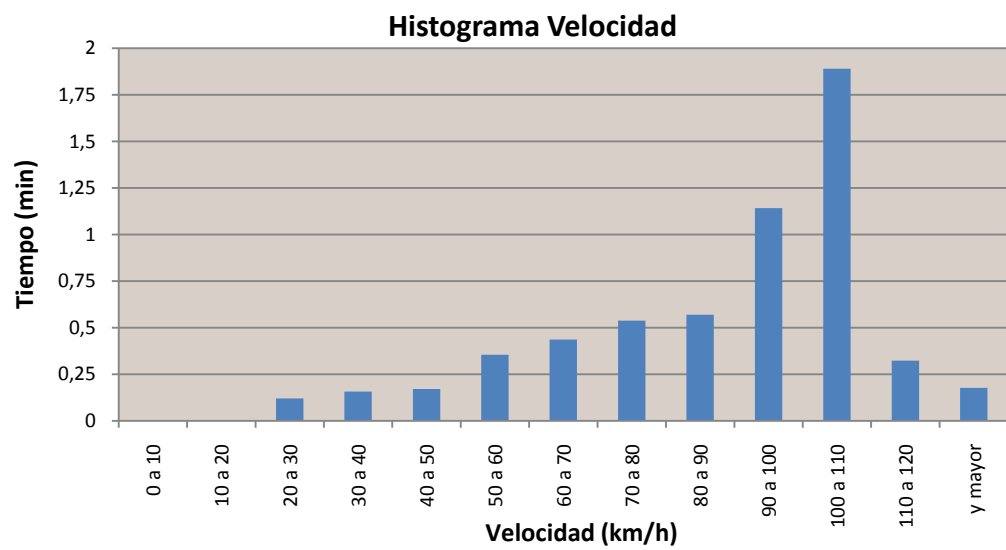


Figura 36. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 4: Circuito Carretera.

Seat Ibiza Diésel - Conductor 5: Circuito Carretera.

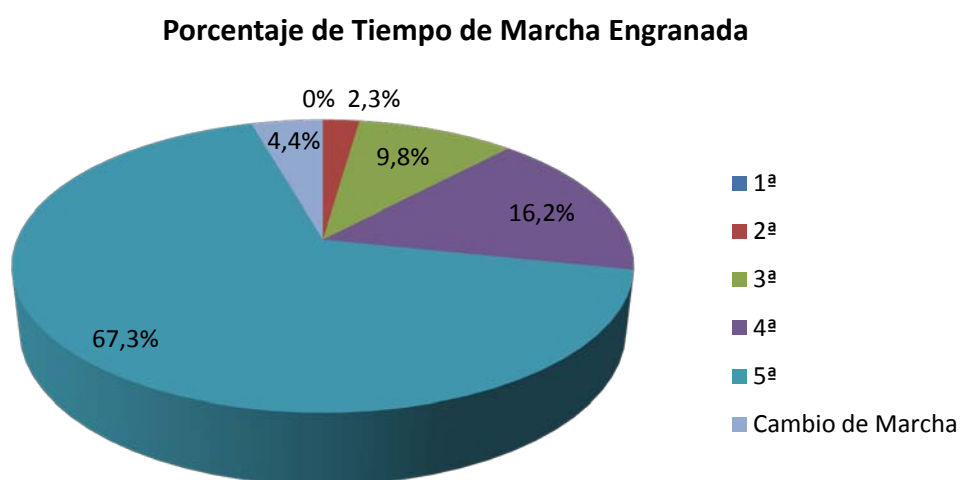
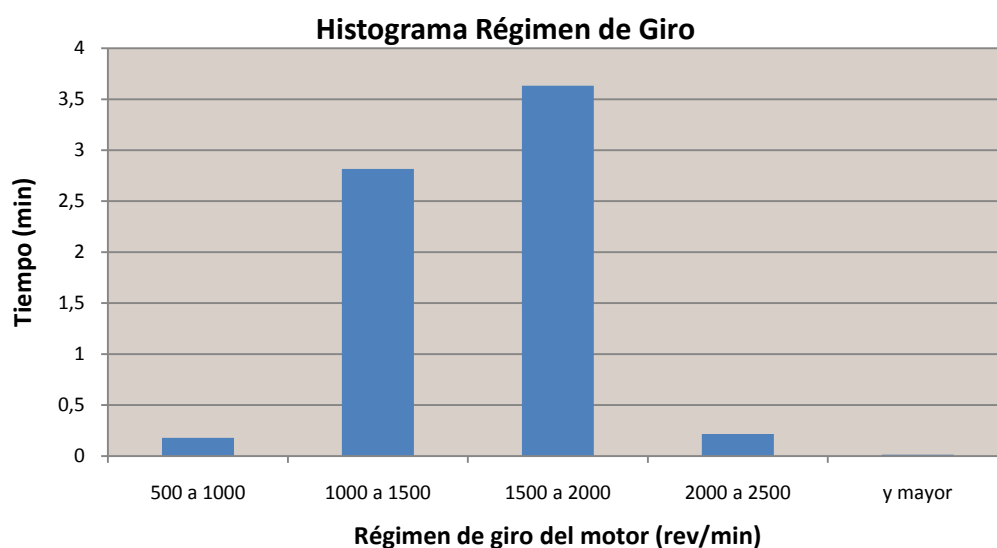
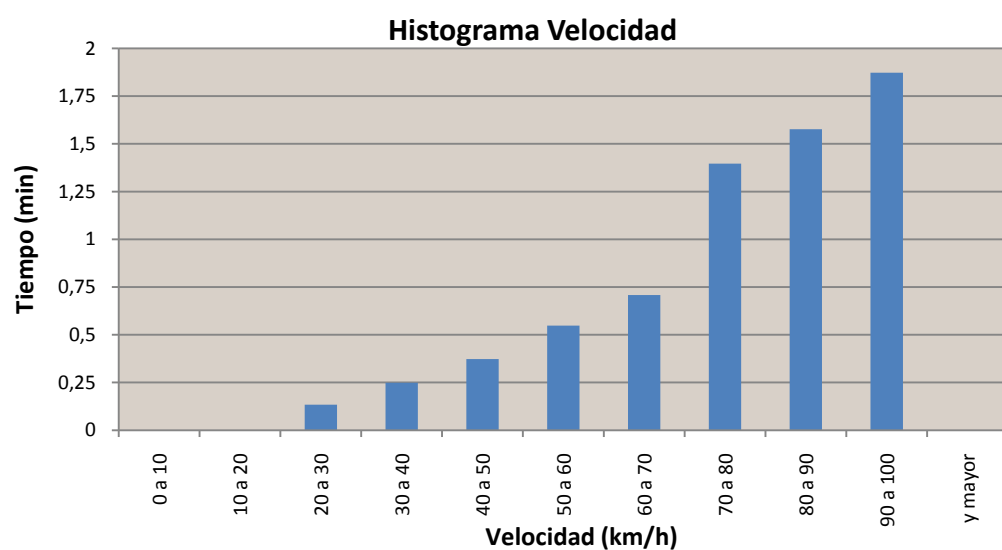


Figura 37. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 5: Circuito Carretera.

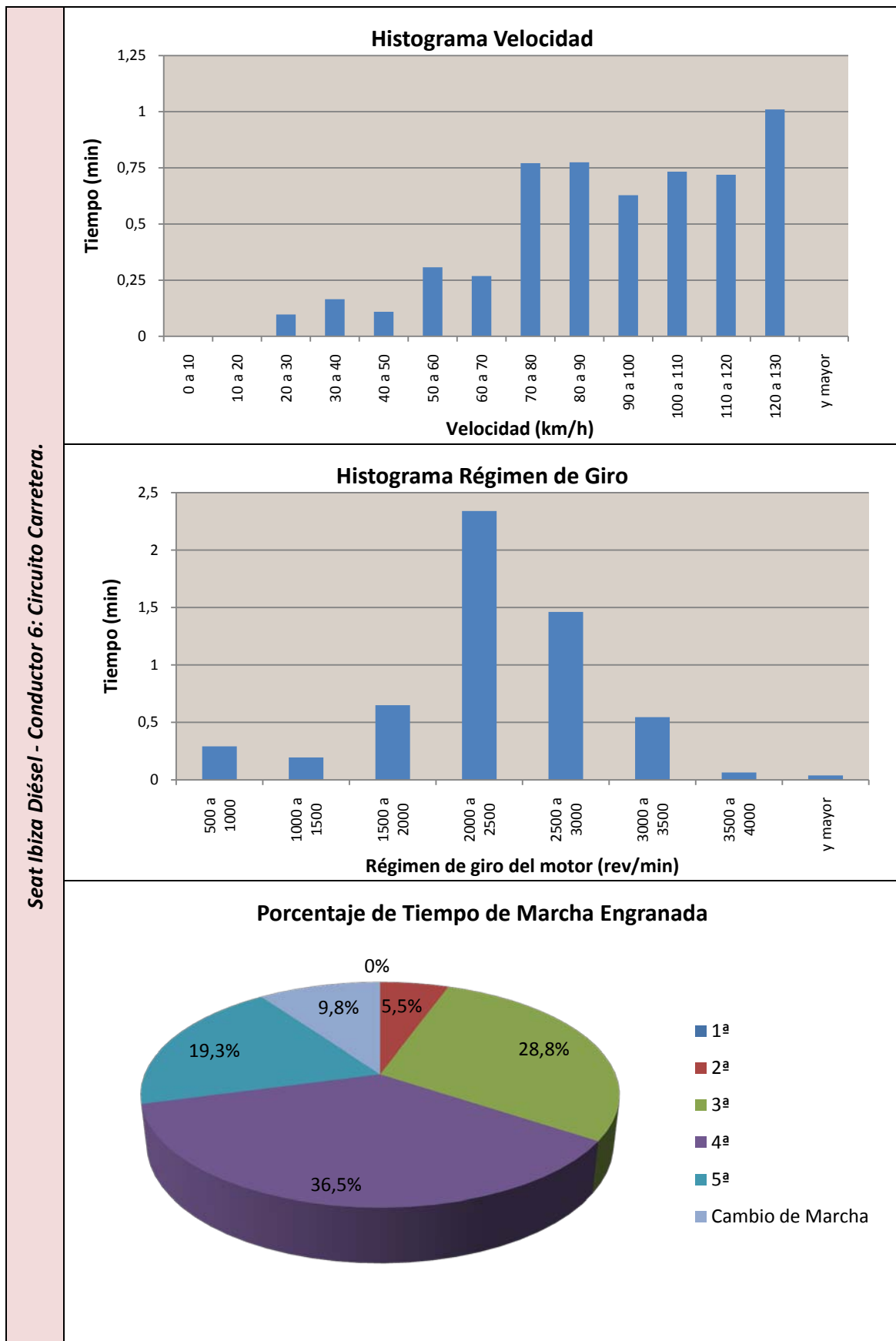


Figura 38. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 6: Circuito Carretera.

Seat Ibiza Diésel - Conductor 7: Circuito Carretera.

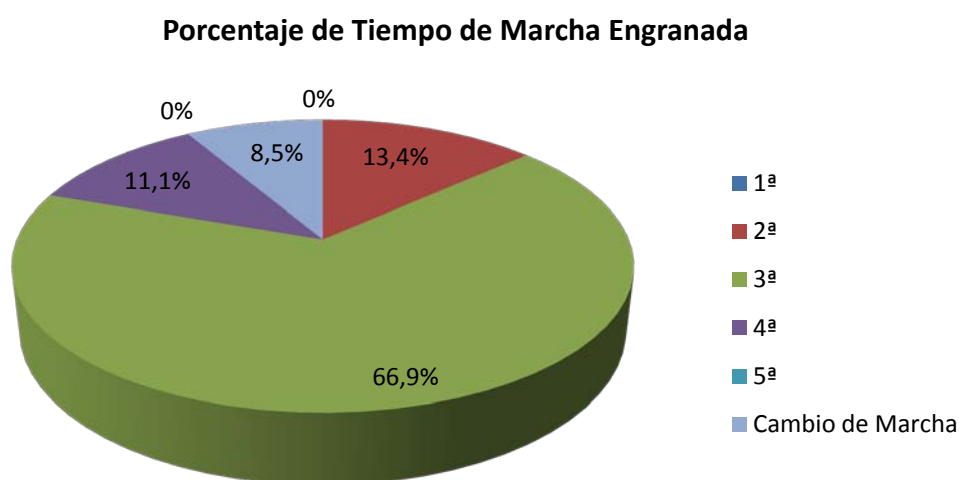
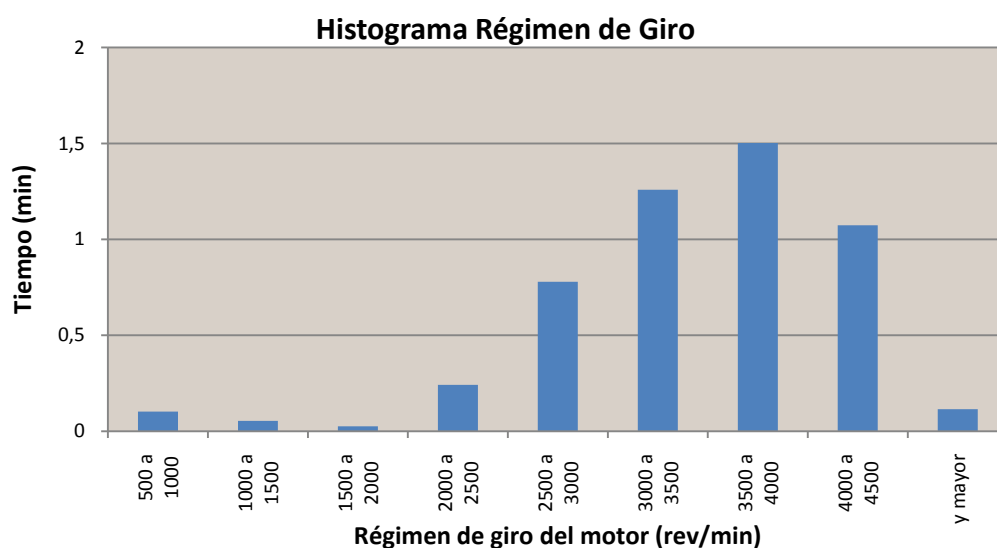
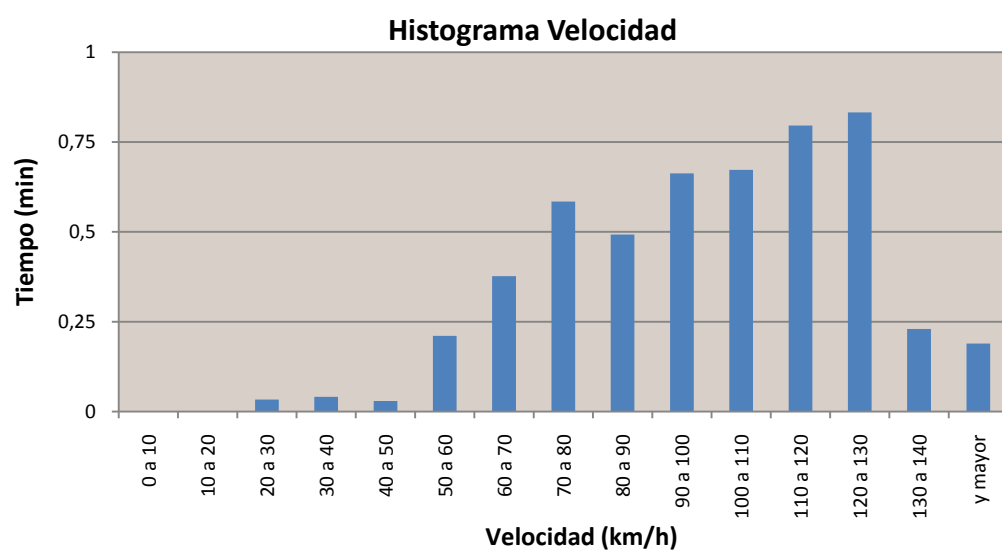


Figura 39. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 7: Circuito Carretera.

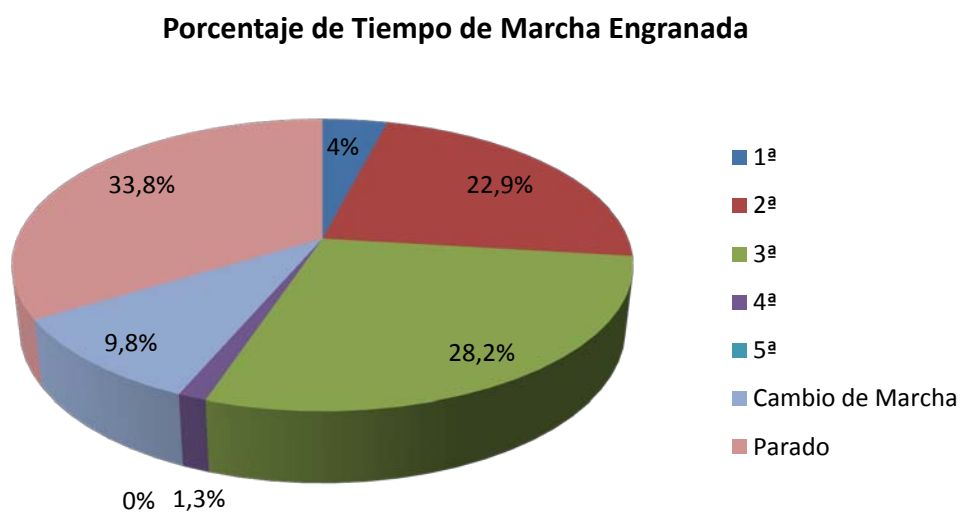
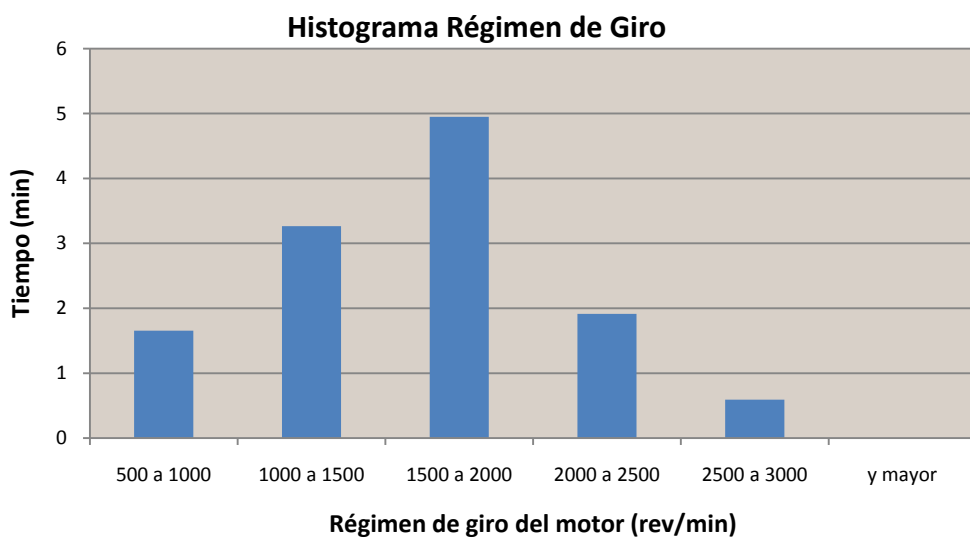
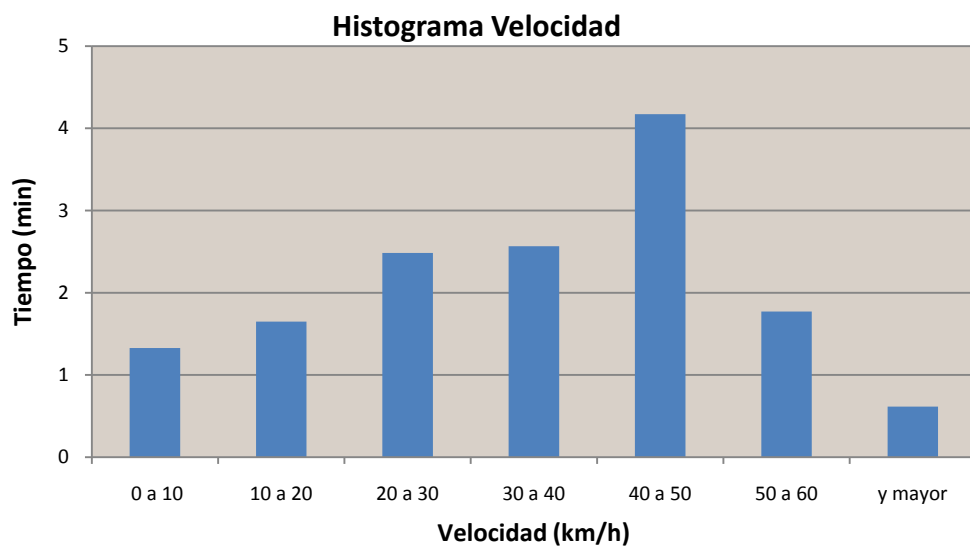


Figura 40. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 1: Circuito Urbano.

Seat Ibiza Diésel - Conductor 2: Circuito Urbano.

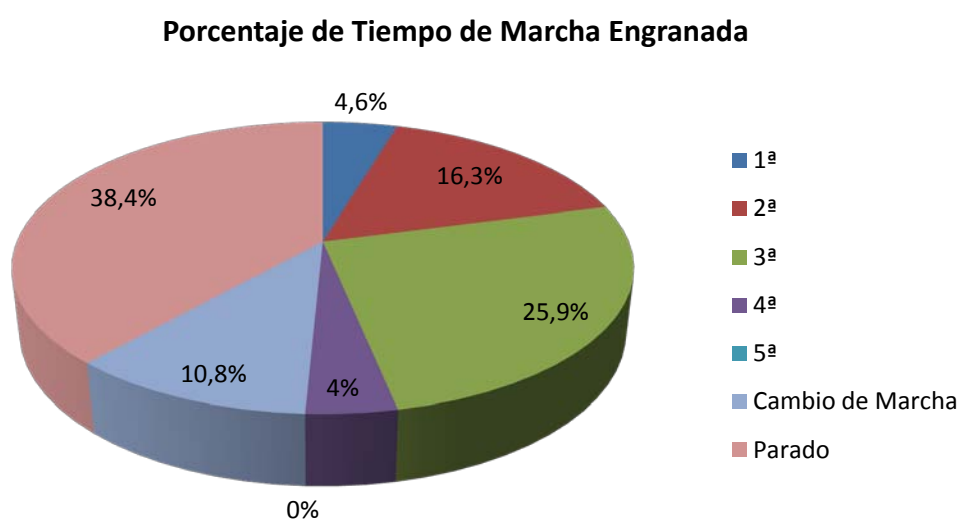
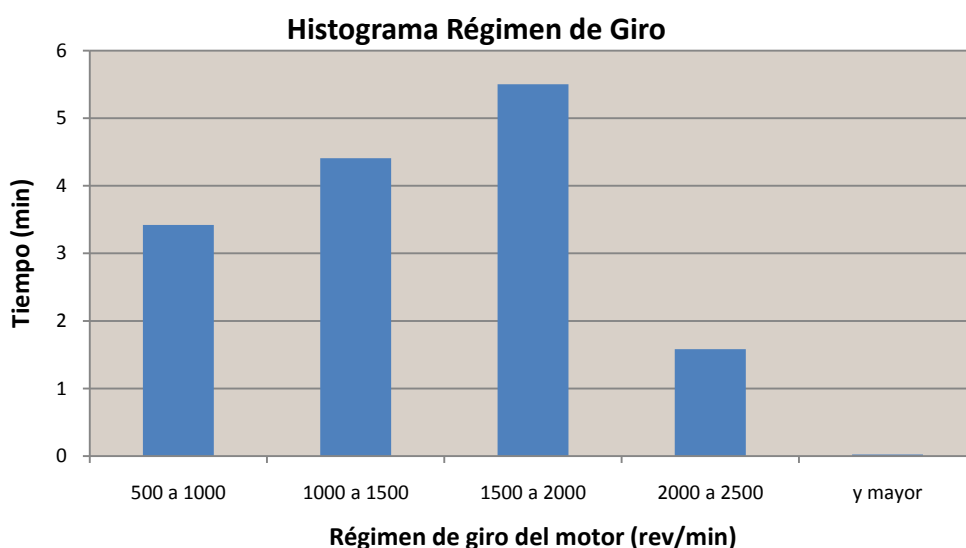
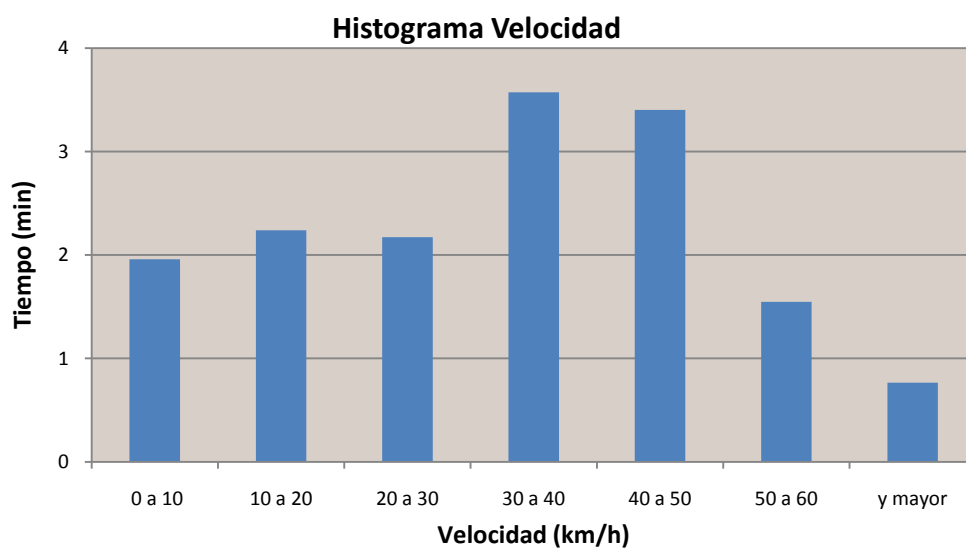


Figura 41. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 2: Circuito Urbano.

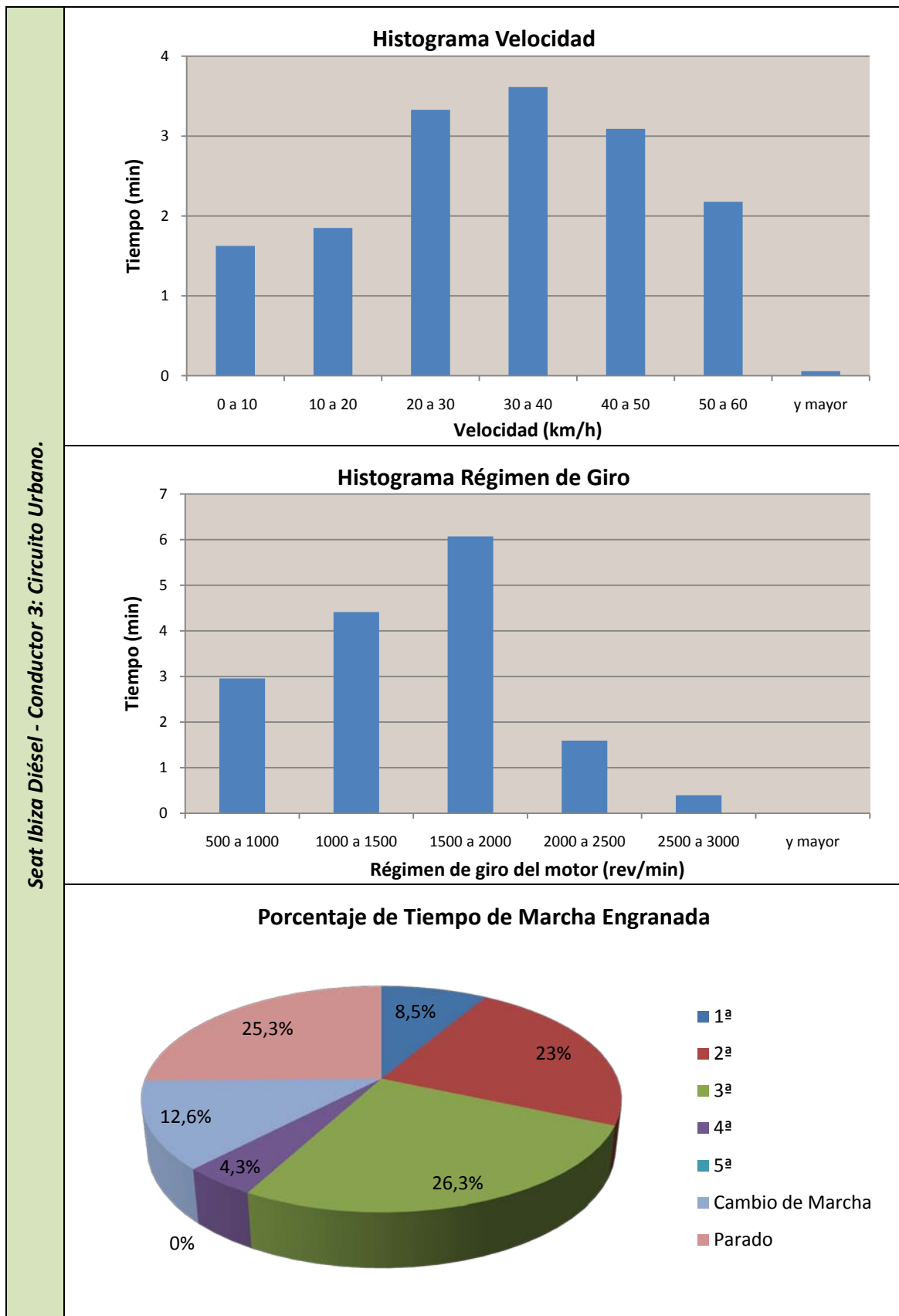


Figura 42. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 3: Circuito Urbano.

Seat Ibiza Diésel - Conductor 4: Circuito Urbano.

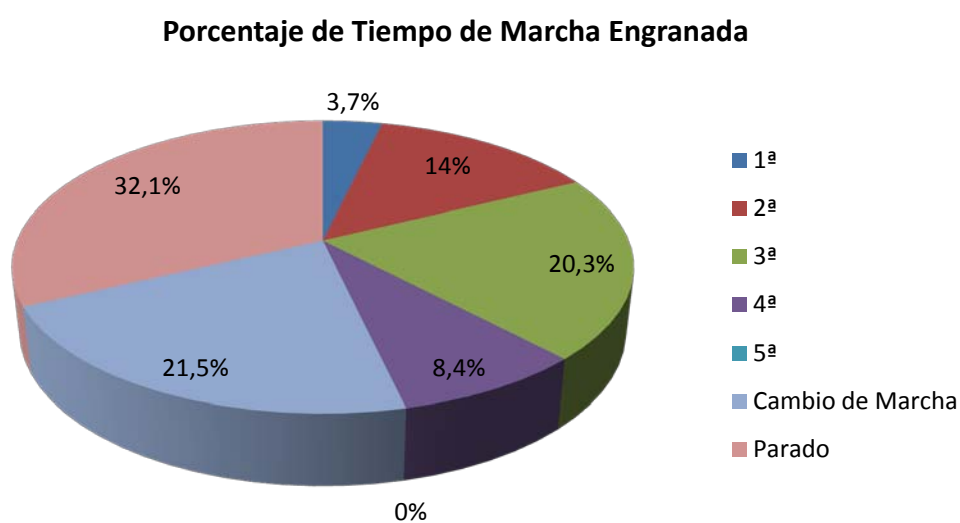
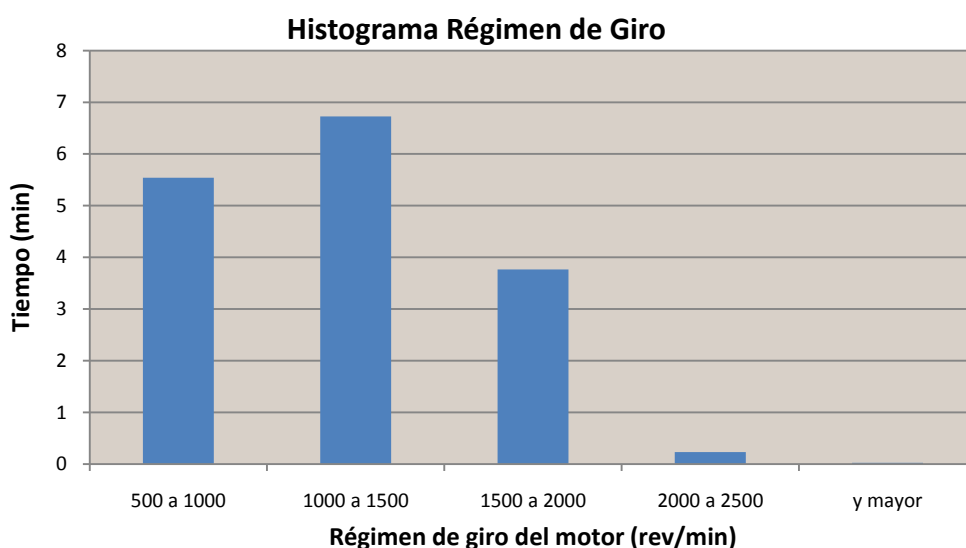
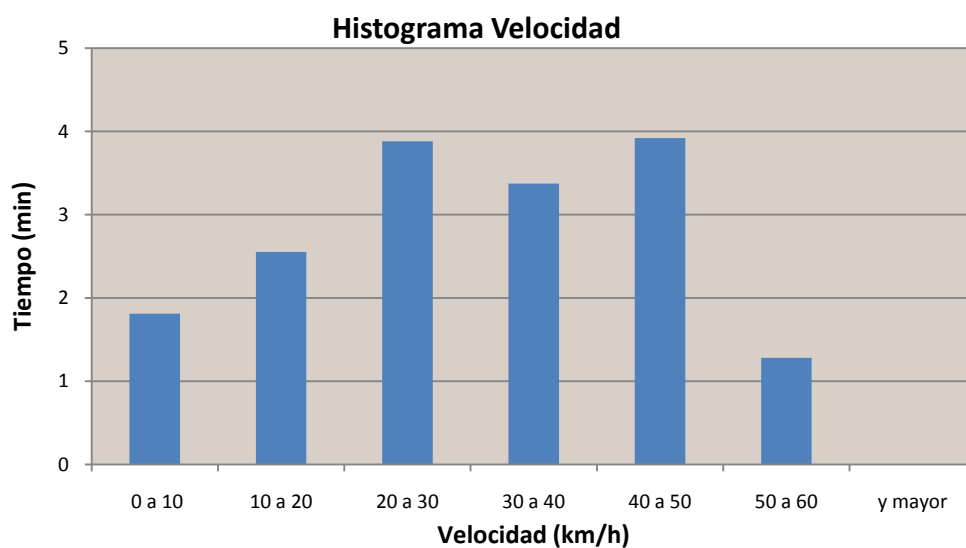


Figura 43. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 4: Circuito Urbano.

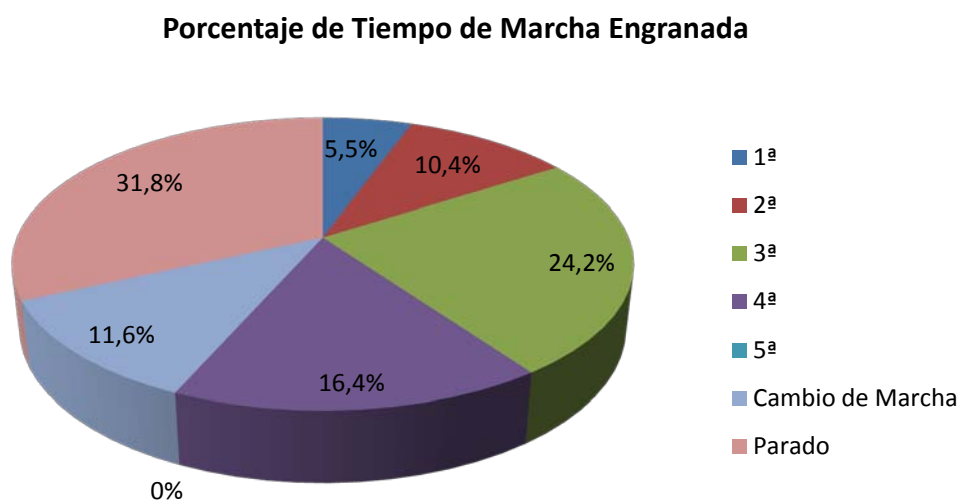
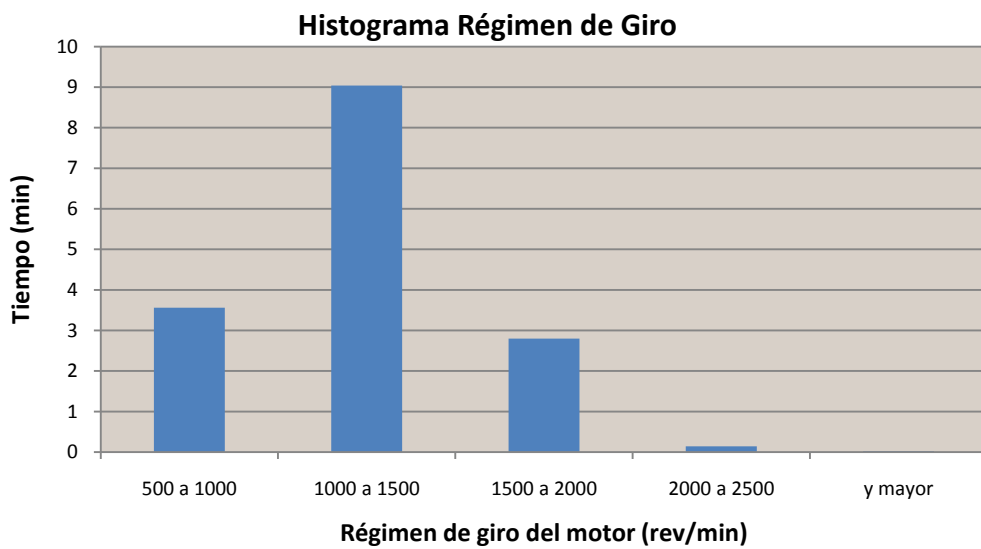
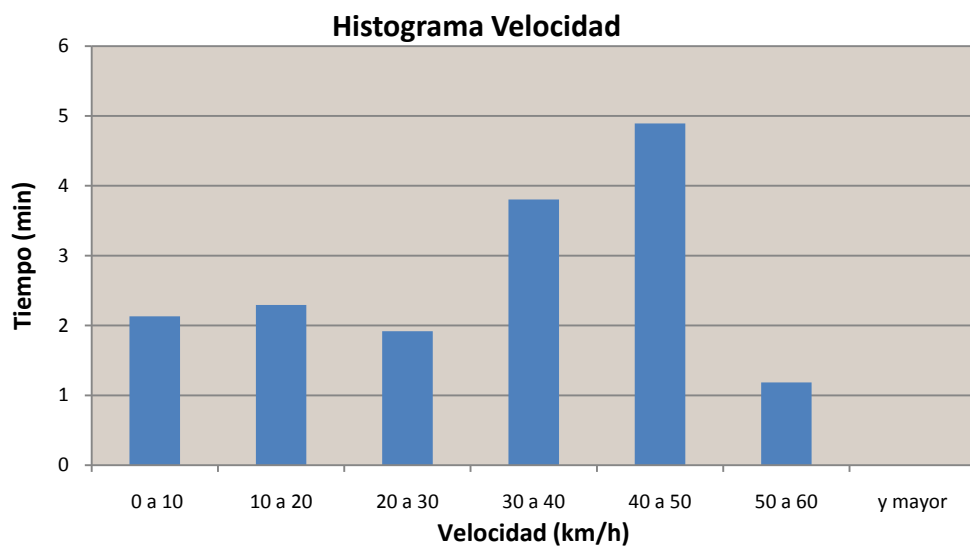


Figura 44. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 5: Circuito Urbano.

Seat Ibiza Diésel - Conductor 6: Circuito Urbano.

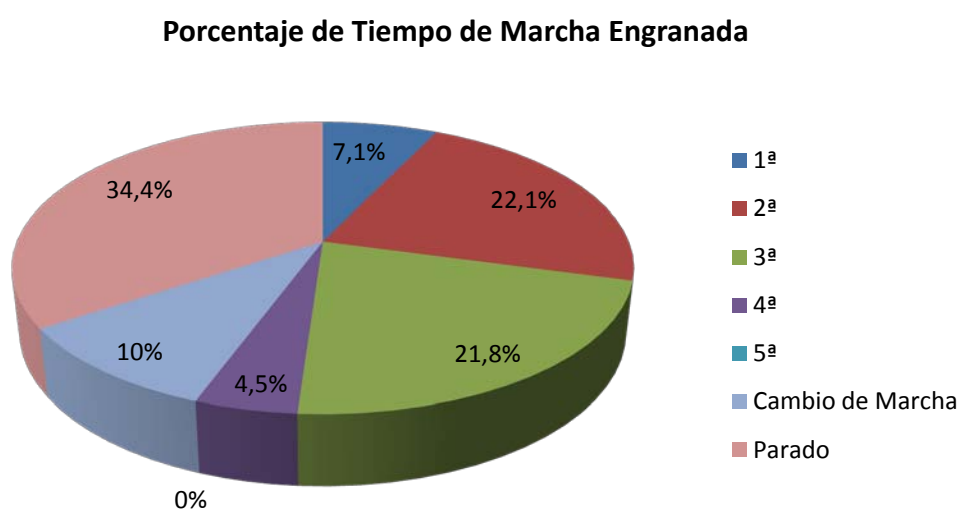
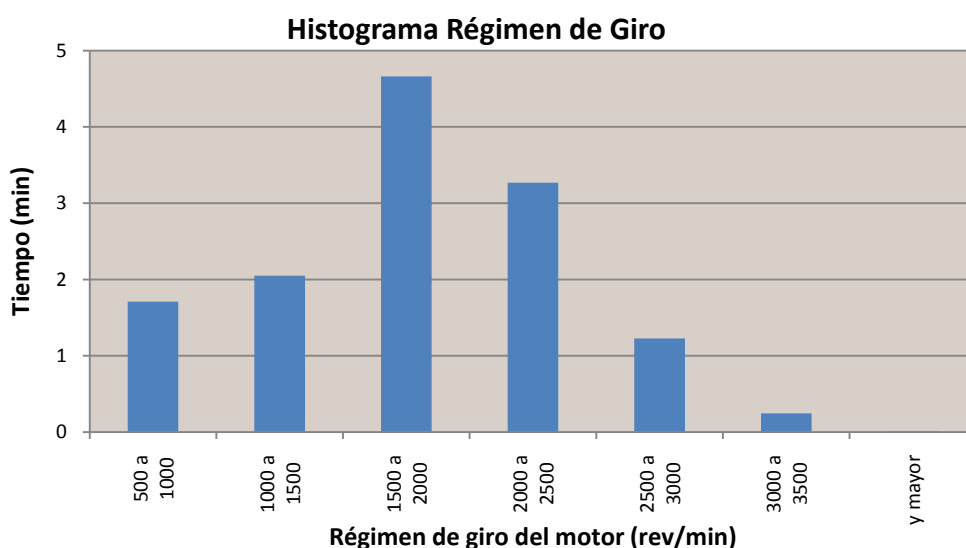
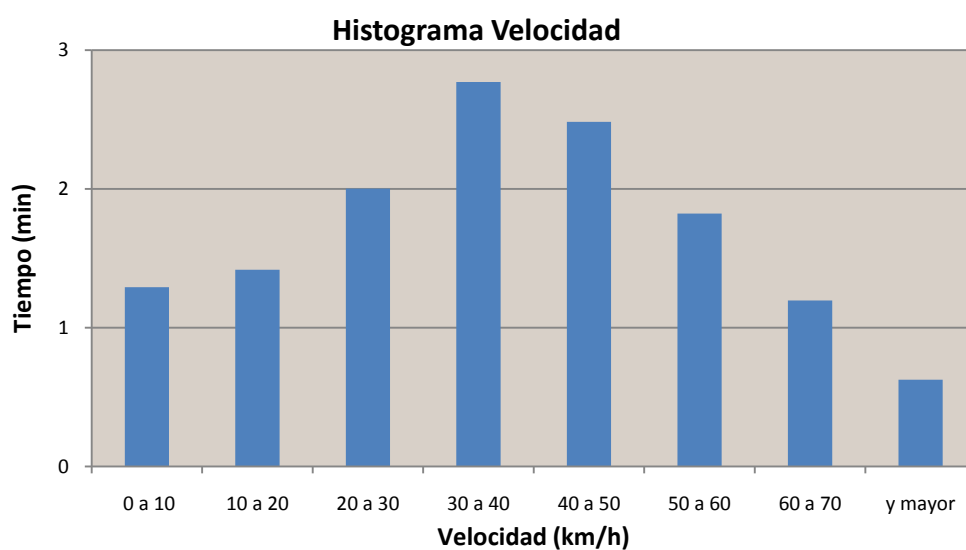


Figura 45. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 6: Circuito Urbano.

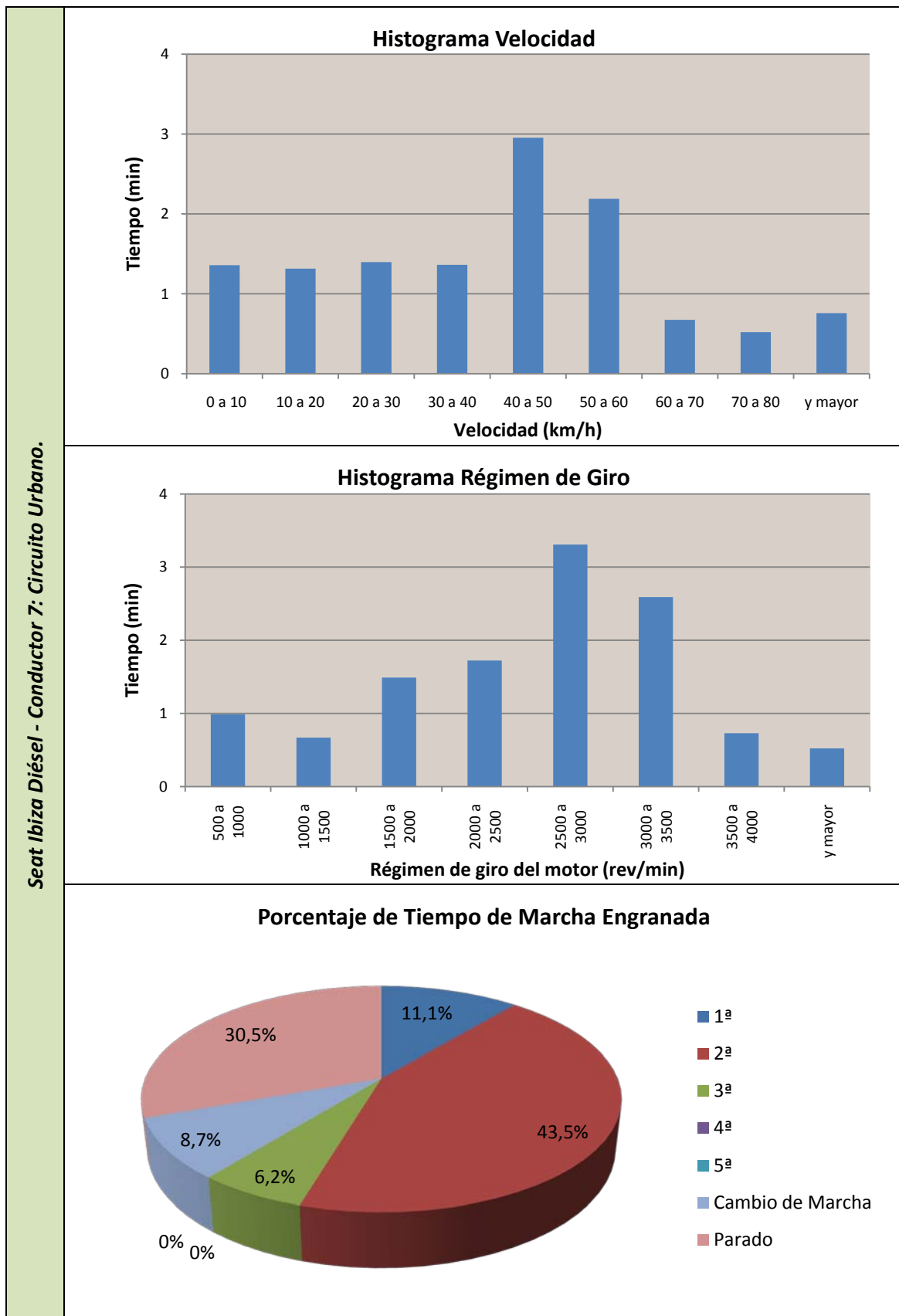


Figura 46. Datos Procesados Seat Ibiza Diésel - Conductor 7: Circuito Urbano.

*PROPUESTA DE ENSAYO PARA HOMOLOGAR
EL RUIDO EMITIDO POR UN VEHÍCULO AUTOMÓVIL*

Circuito Carretera	Conductor/a		Conductor 1	Conductor 2	Conductor 3	Conductor 4	Conductor 5	Conductor 6	Conductor 7
	Vmedia (km/h)		63,53	81,45	79,67	88,23	75,94	92,25	99,70
	Vmáx. (km/h)		108,51	109,39	105,47	124,19	95,93	126,15	158,53
	Desv. Est. (km/h)		25,85	21,84	19,80	22,34	17,57	25,58	25,20
	Máx. Histograma Vel. (min)		1,40	1,76	2,06	1,89	1,87	1,01	0,83
	Máx. Histograma Rev. (min)		3,64	4,11	3,44	4,11	3,63	2,34	1,50
	Tiempo Mov. (min)		8,07	6,40	6,47	5,88	6,86	5,59	5,15
	Distancia (m)		8546,79	8687,95	8592,77	8647,79	8678,80	8586,64	8557,99
	Porcentaje de Tiempo	En 1ª	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		En 2ª	13,4%	2%	2,9%	2,8%	2,3%	5,5%	13,4%
		En 3ª	45,1%	21,3%	23,6%	2,8%	9,8%	28,8%	66,9%
		En 4ª	19,5%	31,6%	31,1%	14,0%	16,2%	36,5%	11,1%
		En 5ª	13,8%	39,1%	33,3%	71,5%	67,3%	19,3%	0%
		Cambio Marcha	8,3%	5,9%	9%	8,9%	4,4%	9,8%	8,5%

Tabla 15. Resumen Datos Procesados en el Circuito Carretera del Seat Ibiza Diésel.

Circuito Urbano	Conductor/a		Conductor 1	Conductor 2	Conductor 3	Conductor 4	Conductor 5	Conductor 6	Conductor 7
	Vmedia (km/h)		35,72	34,02	33,12	31,22	32,62	38,58	42,45
	Vmáx. (km/h)		74,75	66,69	61,48	59,81	55,35	76,70	97,11
	Desv. Est. (km/h)		15,79	15,78	14,72	14,02	14,38	18,08	21,21
	Máx. Histograma Vel. (min)		4,17	3,57	3,61	3,92	4,89	2,77	2,95
	Máx. Histograma Rev. (min)		4,95	5,50	6,07	6,73	9,04	4,66	3,31
	Tiempo Parado (min)		6,31	9,34	5,22	7,71	7,26	6,92	5,28
	Tiempo Mov. (min)		14,25	14,97	15,43	16,29	15,56	13,21	12,01
	Distancia (m)		8481,52	8488,25	8520,92	8475,87	8460,57	8492,27	8498,82
	Porcentaje de Tiempo	En 1ª	4%	4,6%	8,5%	3,7%	5,5%	7,1%	11,1%
		En 2ª	22,9%	16,3%	23%	14%	10,4%	22,1%	43,5%
		En 3ª	28,2%	25,9%	26,3%	20,3%	24,2%	21,8%	6,2%
		En 4ª	1,3%	4%	4,3%	8,4%	16,4%	4,5%	0%
		En 5ª	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		Cambio Marcha	9,8%	10,8%	12,6%	21,5%	11,6%	10%	8,7%
	Parado		33,8%	38,4%	25,3%	32,1%	31,8%	34,4%	30,5%

Tabla 16. Resumen Datos Procesados en el Circuito Urbano del Seat Ibiza Diésel.

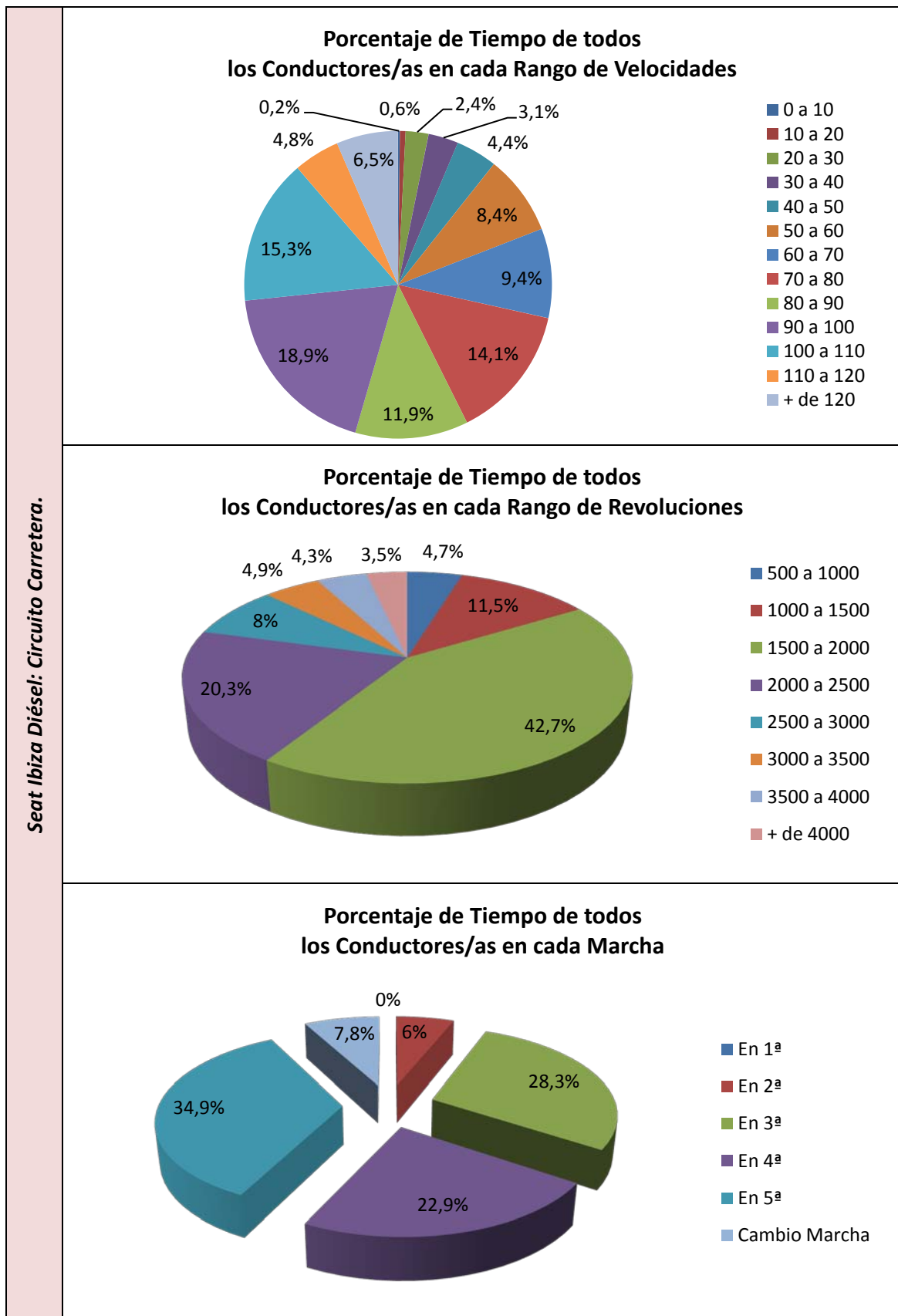


Figura 47. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Seat Ibiza Diésel en el Circuito Carretera.

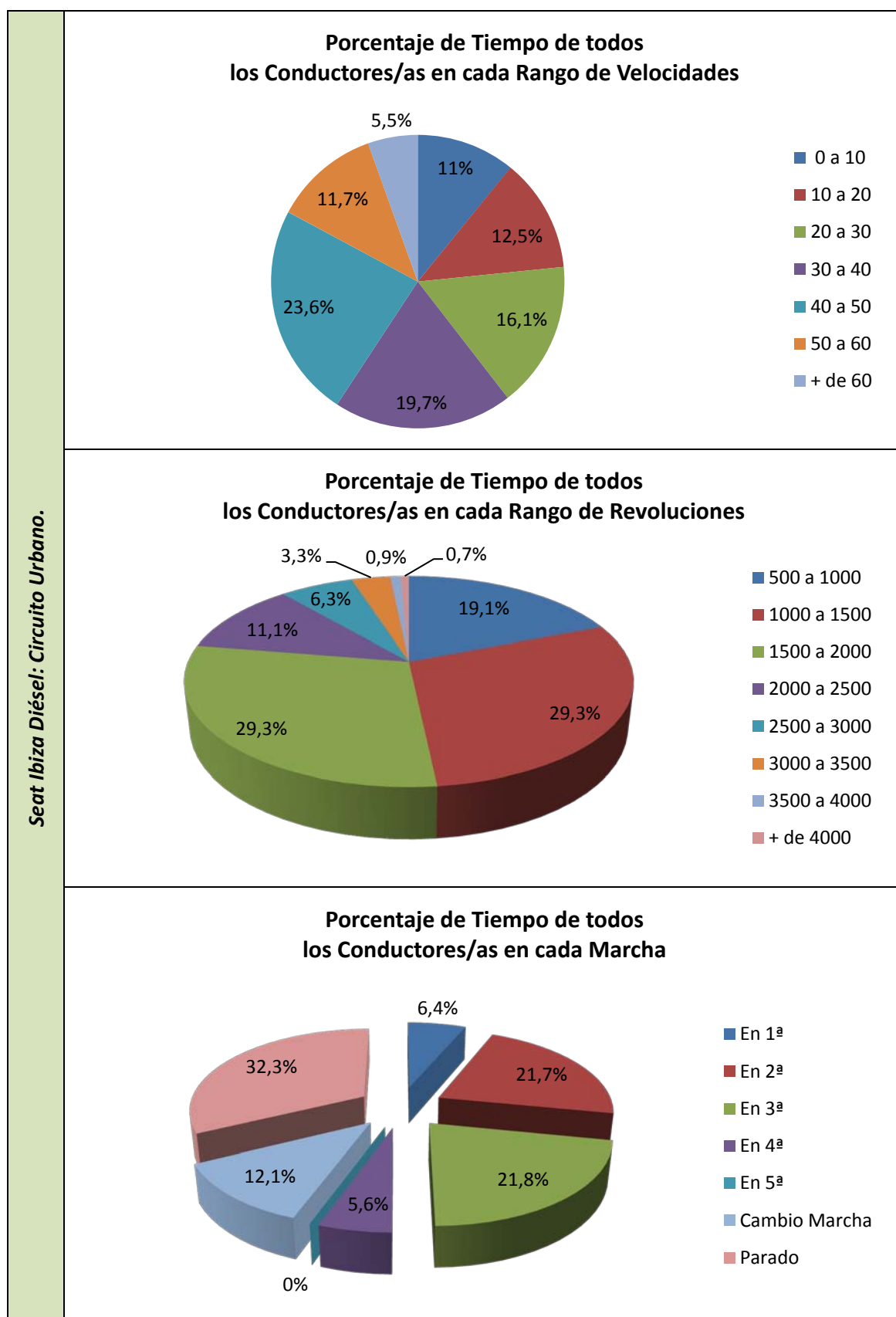


Figura 48. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Seat Ibiza Diésel en el Circuito Urbano.

12.3. Mercedes C180 Gasolina

Mercedes C180 Gasolina - Conductor 1: Circuito Carretera.

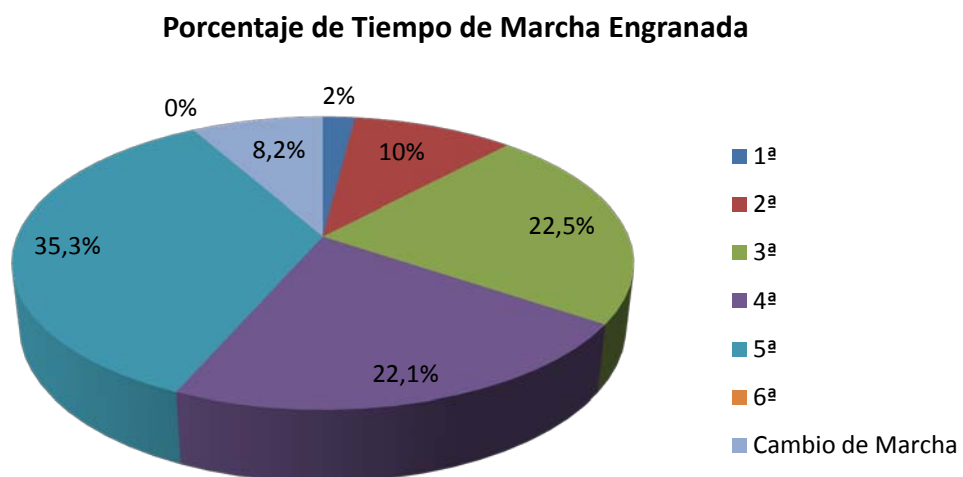
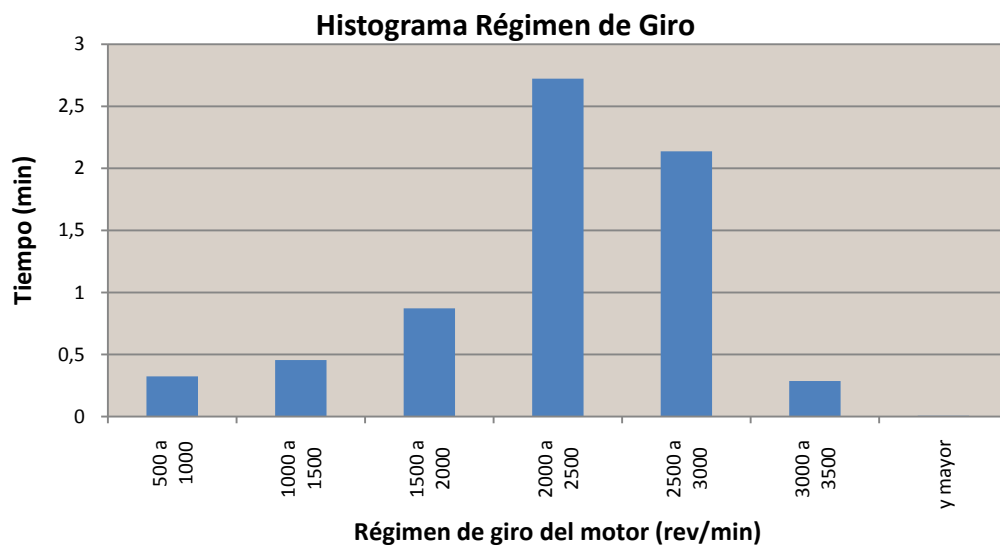
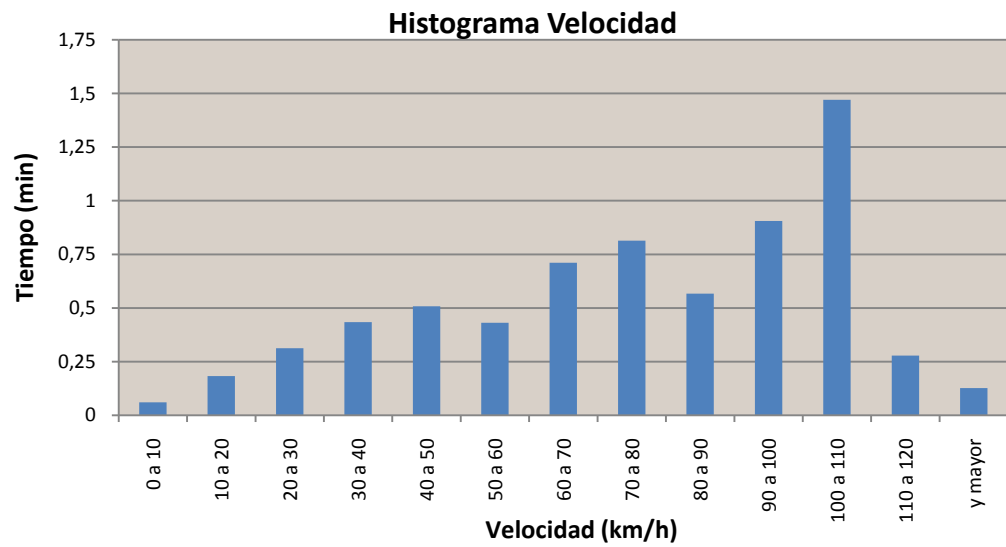


Figura 49. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 1: Circuito Carretera.

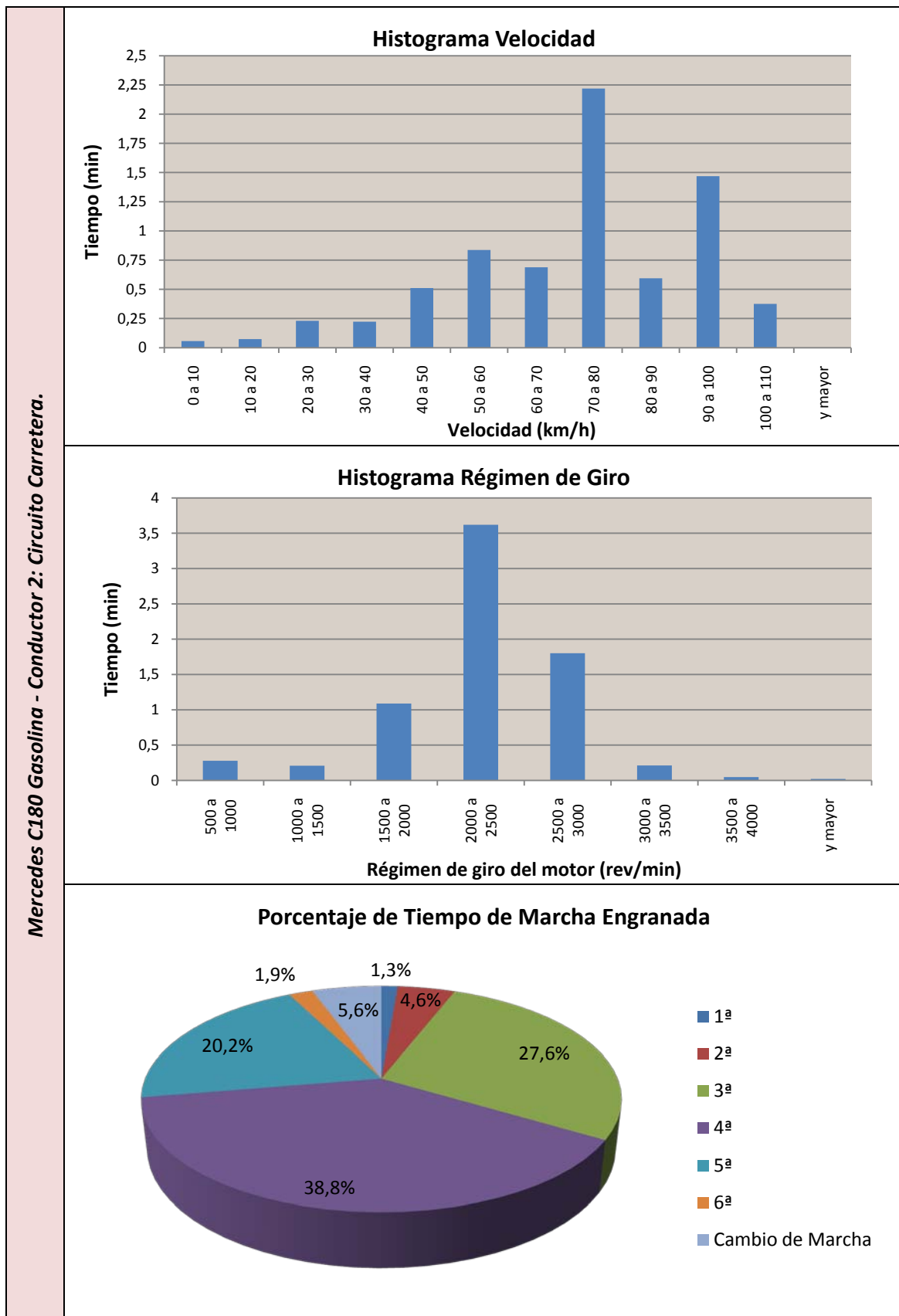


Figura 50. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 2: Circuito Carretera.

Mercedes C180 Gasolina - Conductor 3: Circuito Carretera.

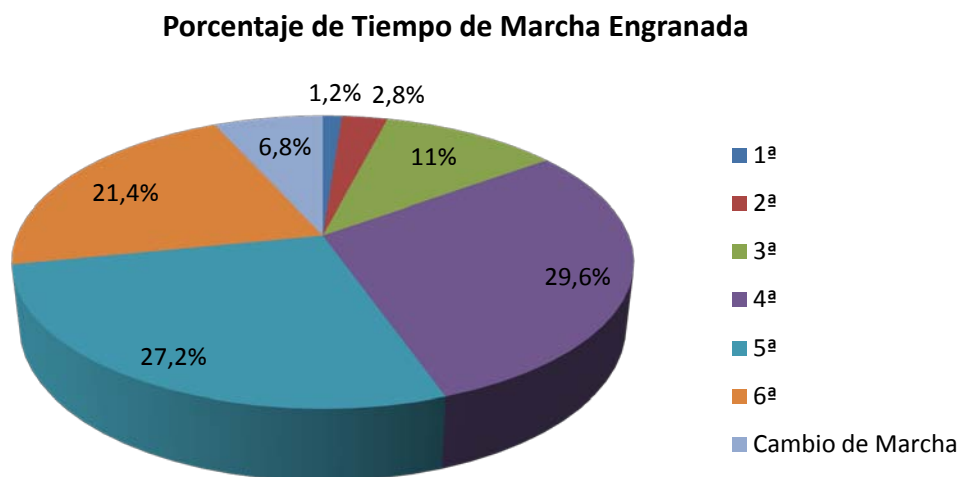
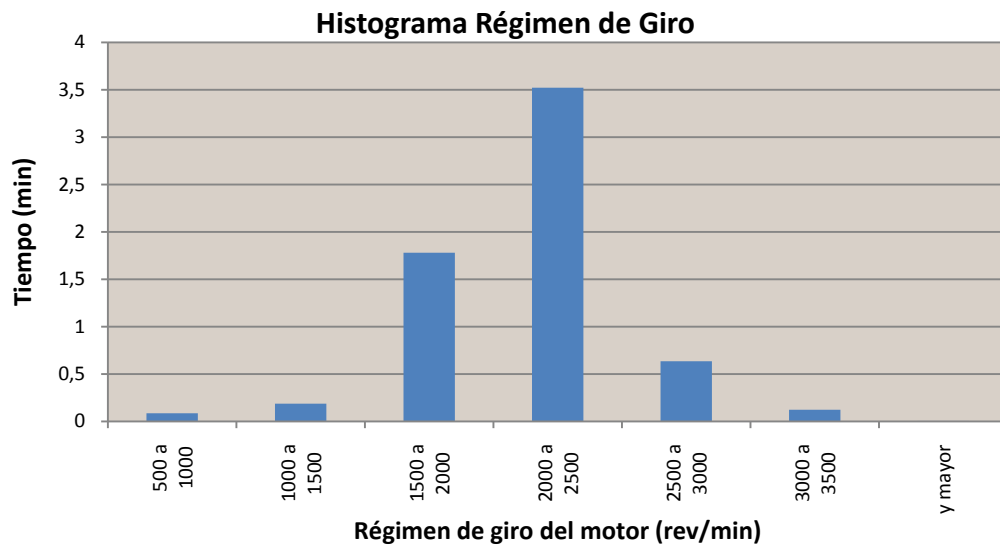
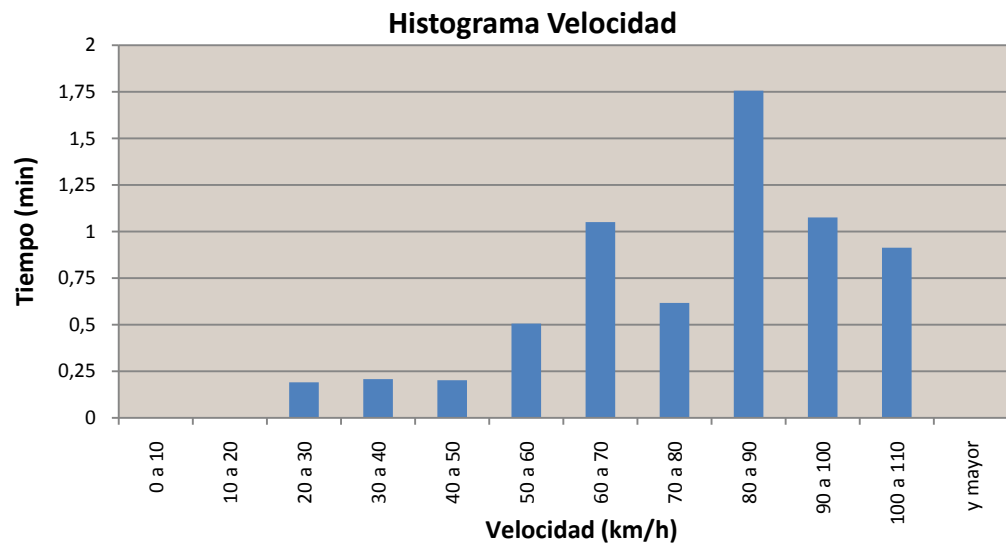


Figura 51. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 3: Circuito Carretera.

Mercedes C180 Gasolina - Conductor 4: Circuito Carretera.

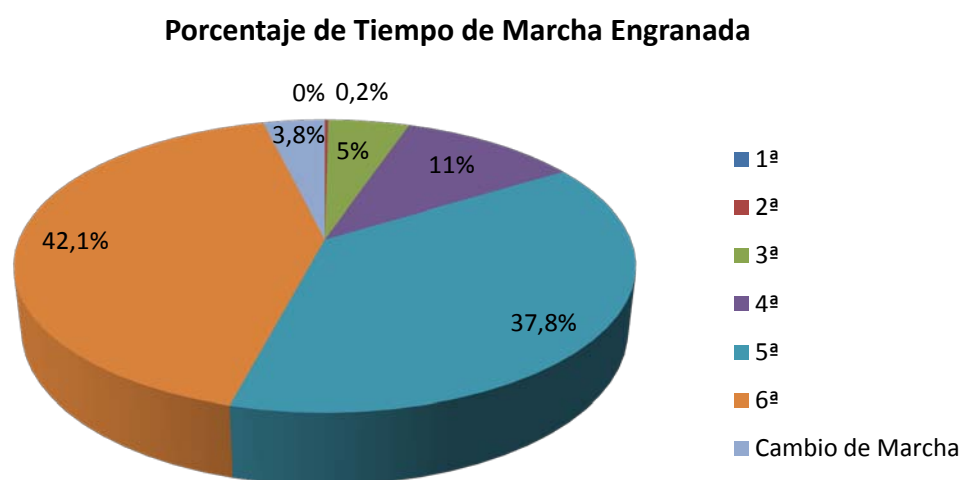
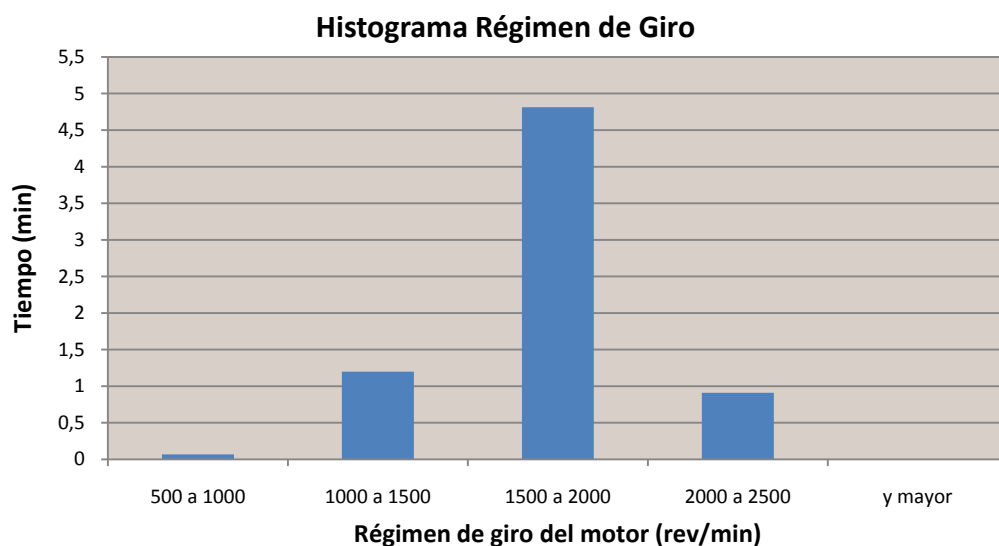
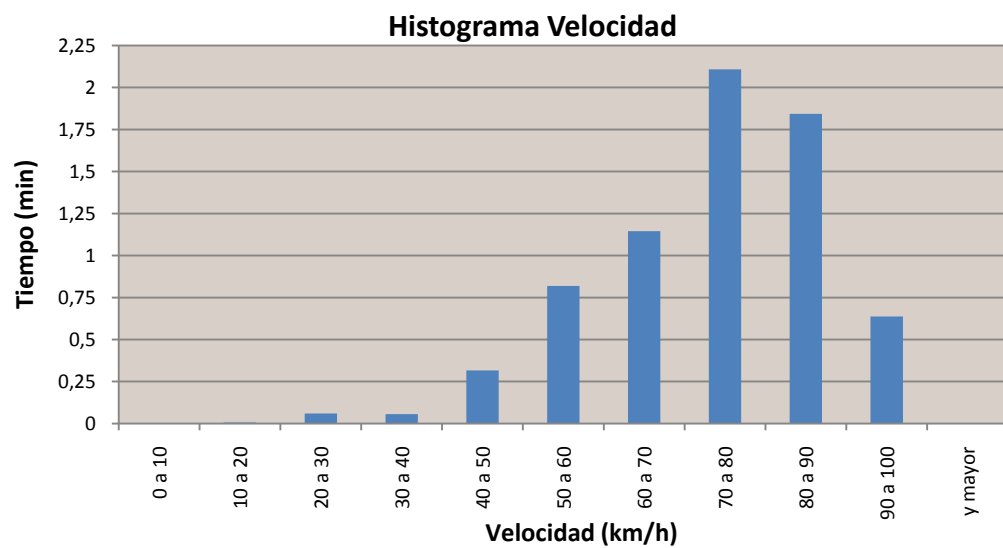


Figura 52. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 4: Circuito Carretera.

Mercedes C180 Gasolina - Conductor 5: Circuito Carretera.

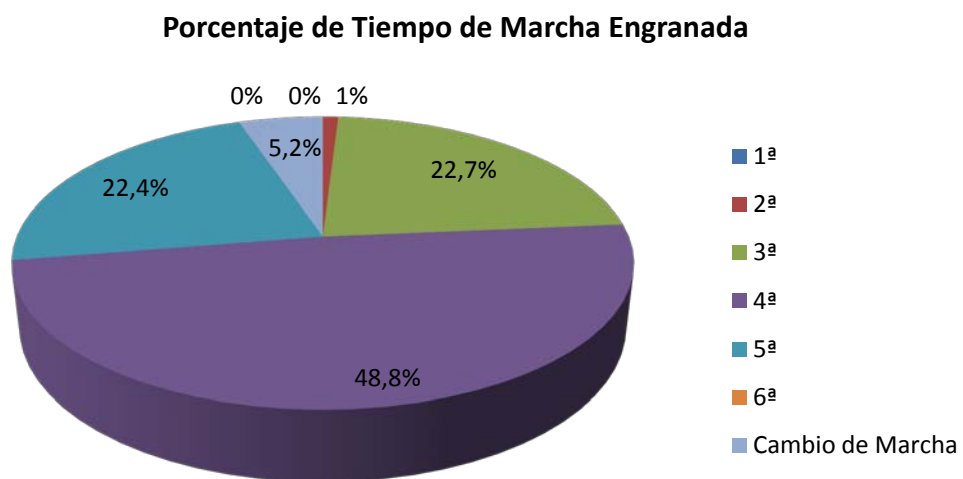
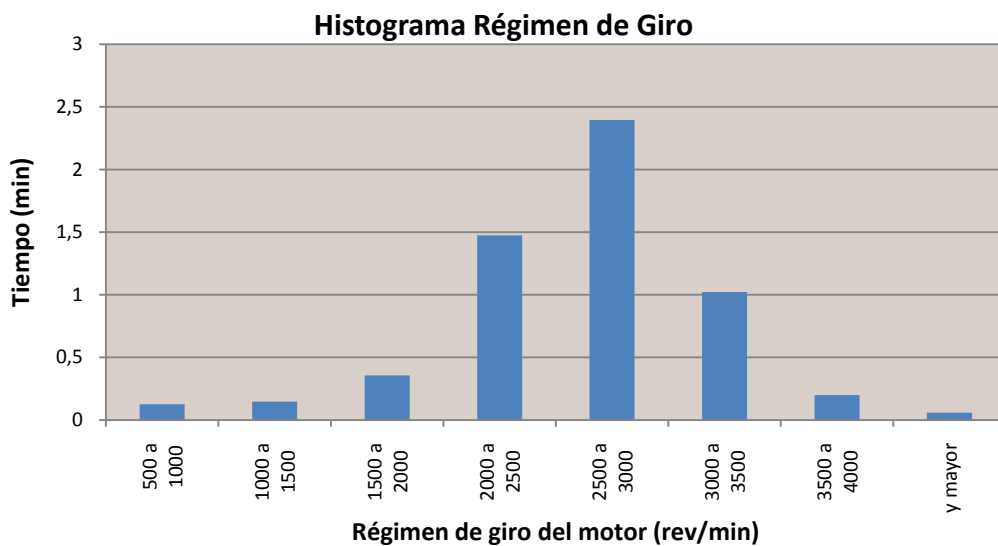
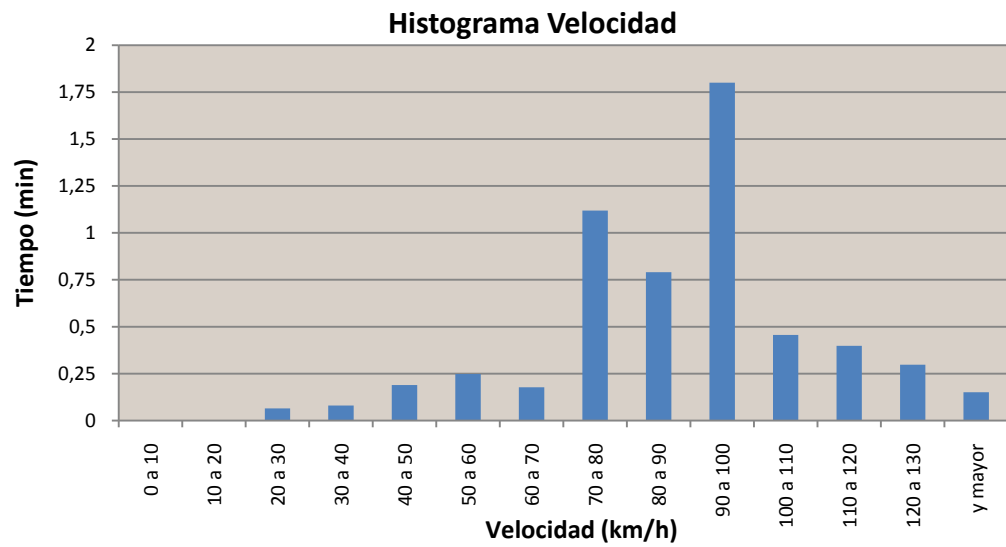


Figura 53. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 5: Circuito Carretera.

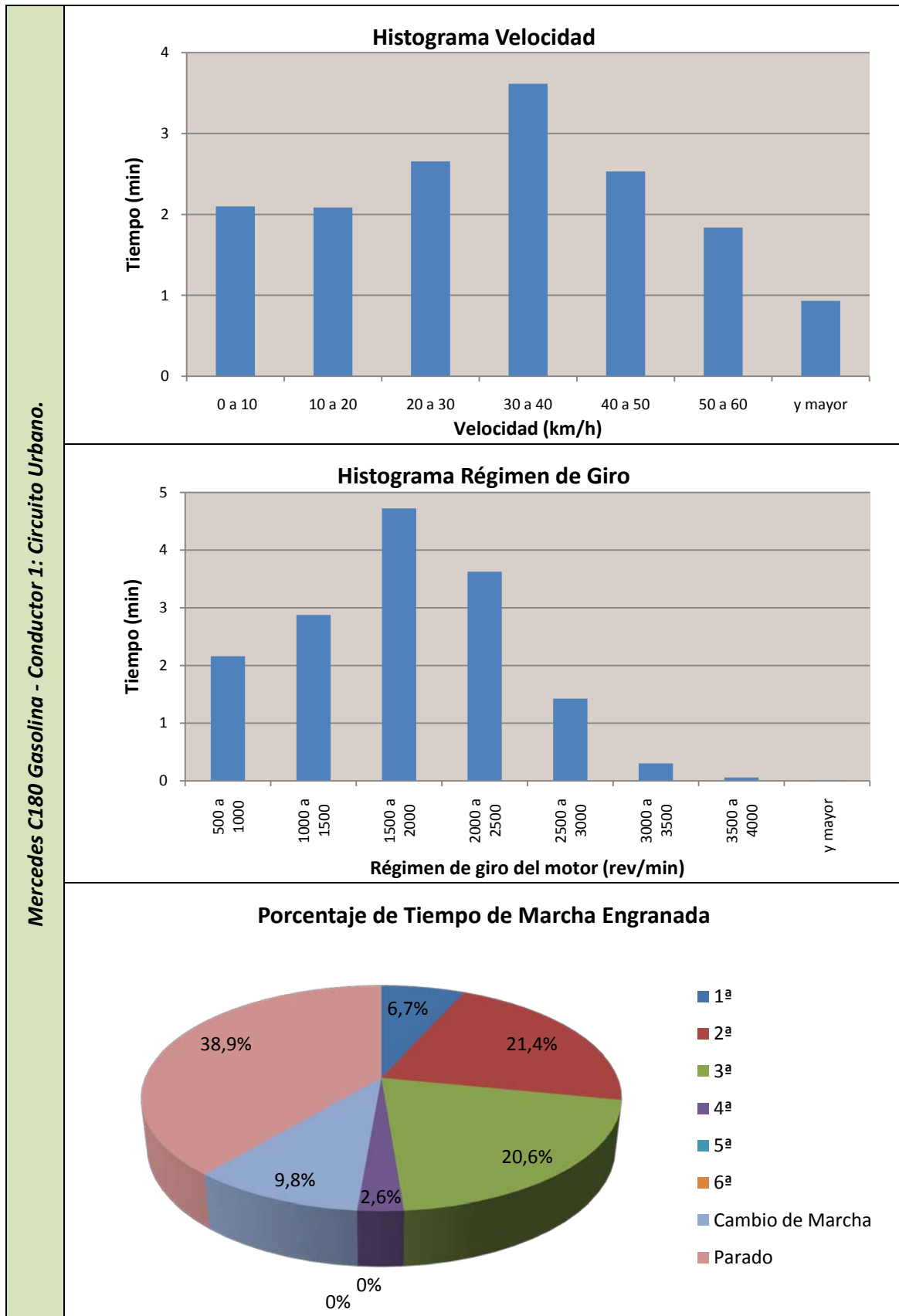


Figura 54. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 1: Circuito Urbano.

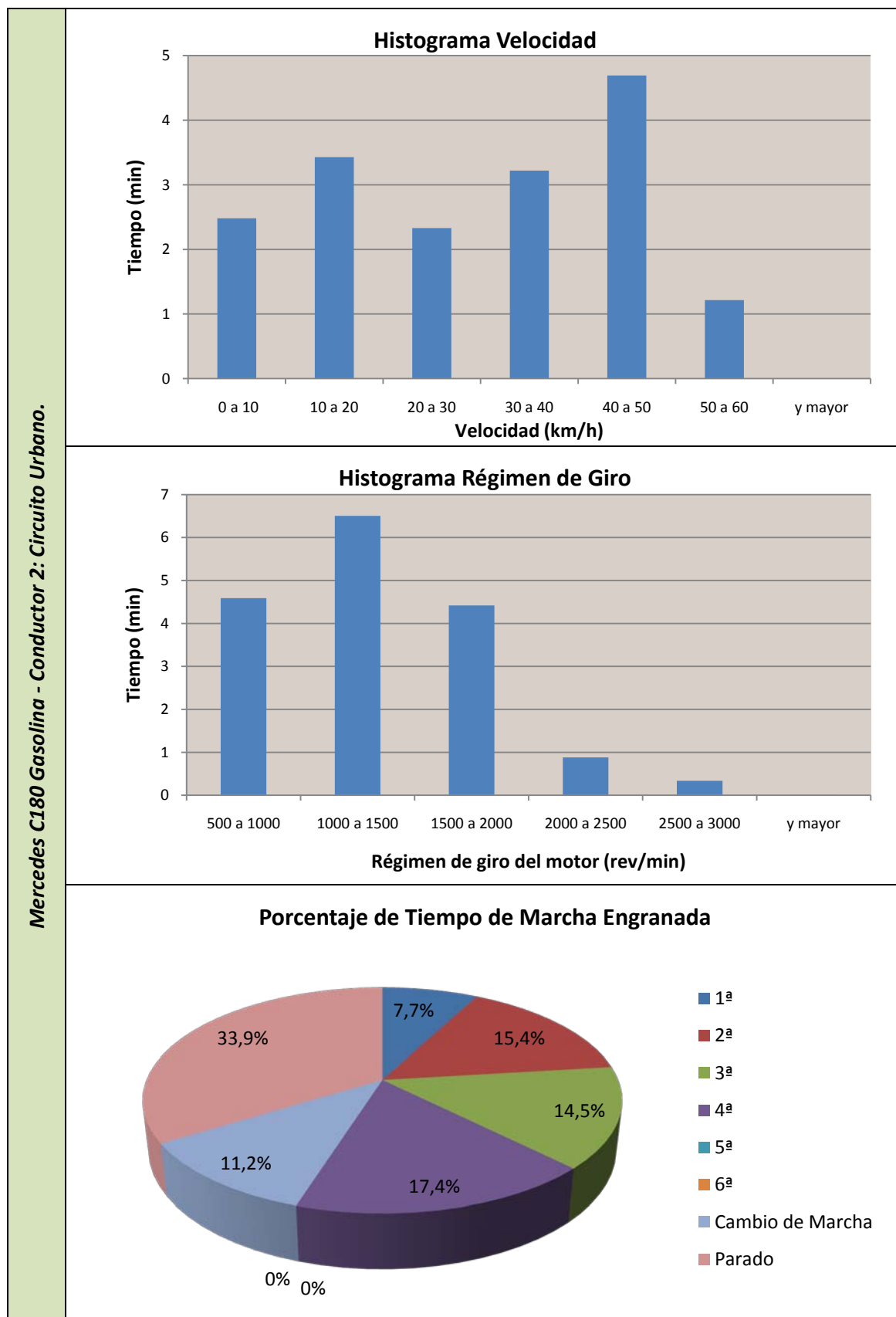


Figura 55. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 2: Circuito Urbano.

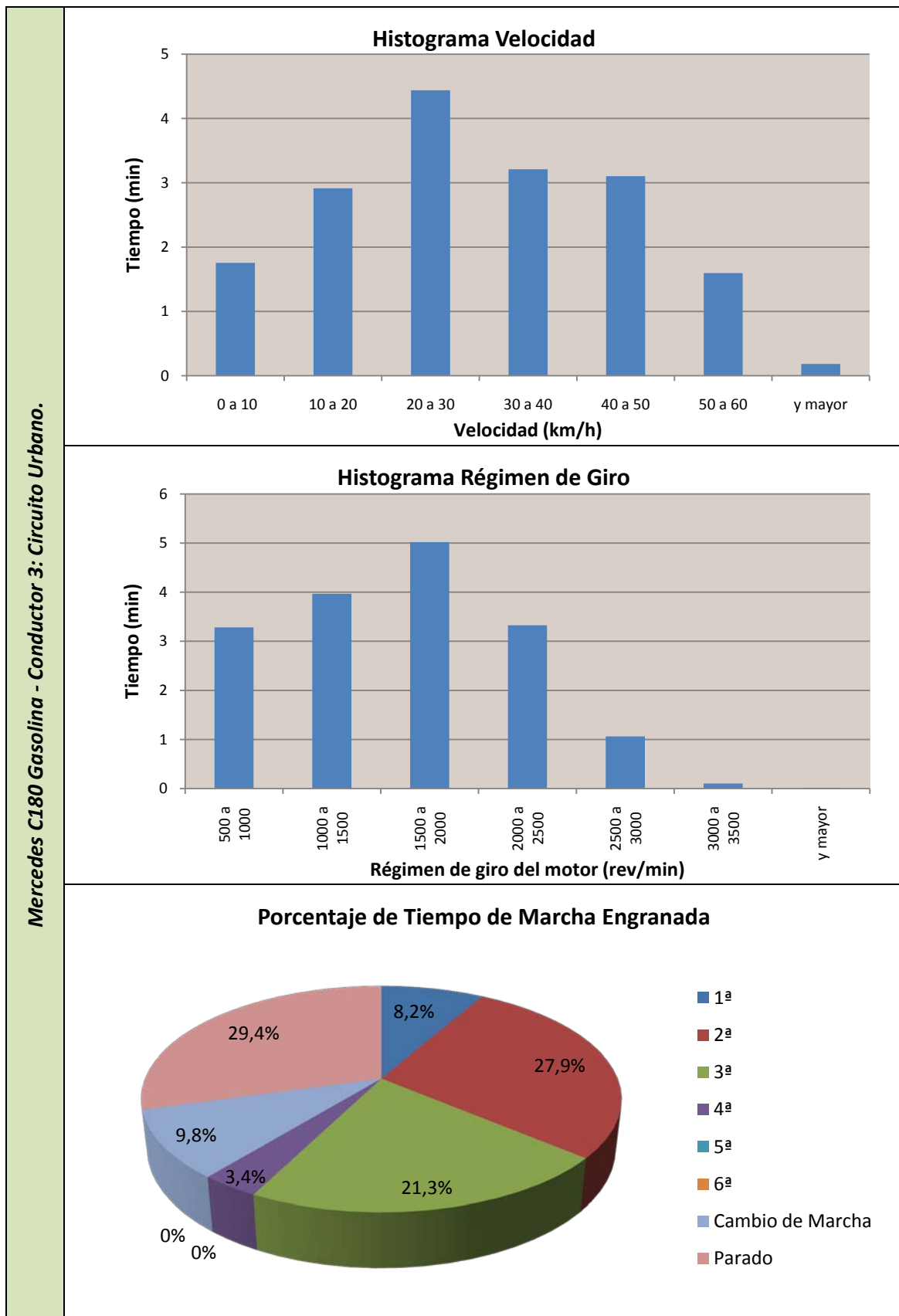


Figura 56. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 3: Circuito Urbano.

Mercedes C180 Gasolina - Conductor 4: Circuito Urbano.

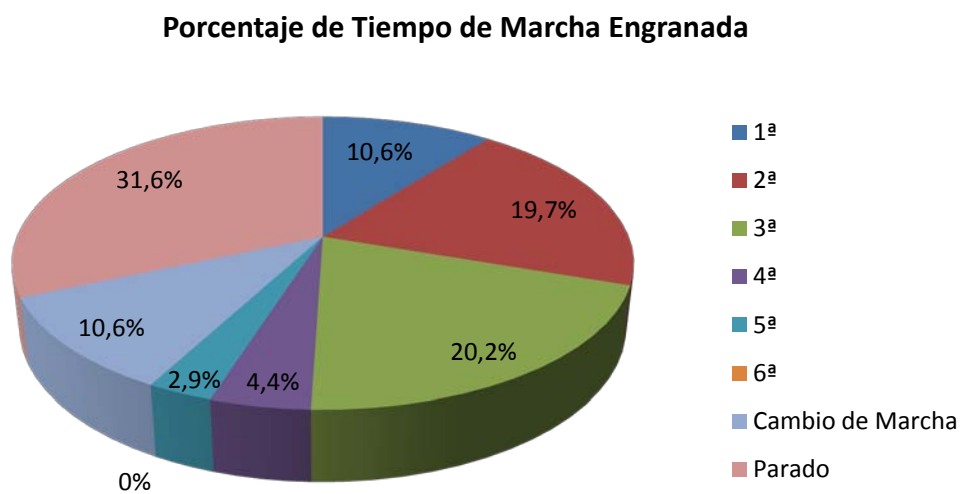
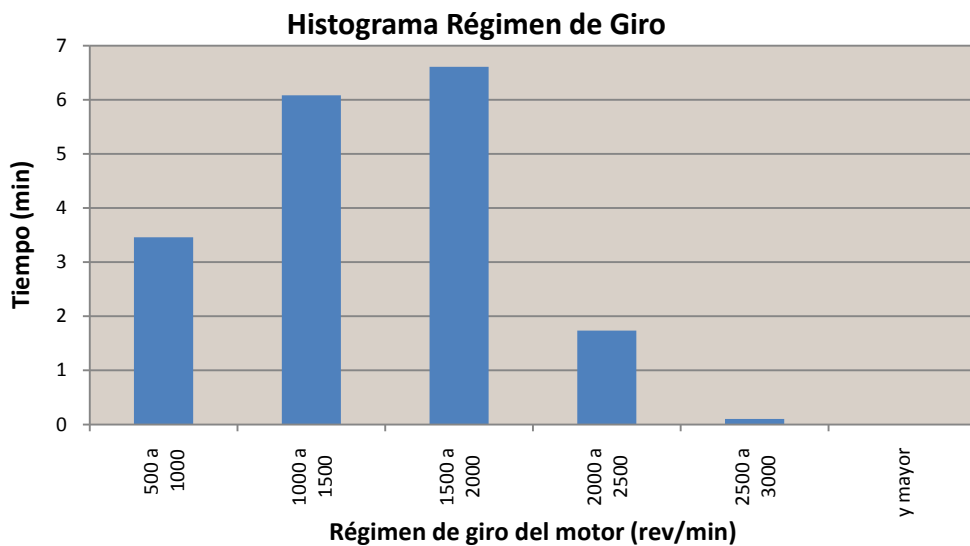
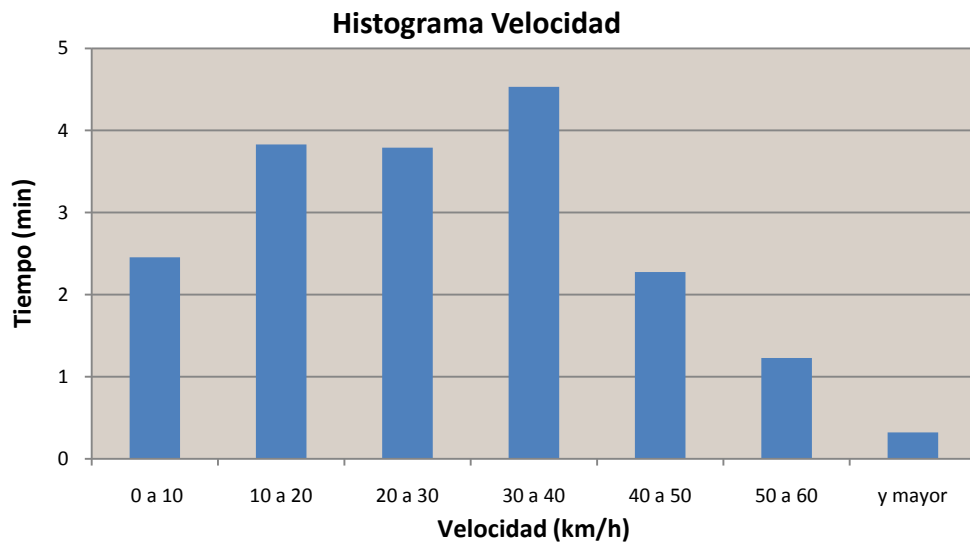


Figura 57. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 4: Circuito Urbano.

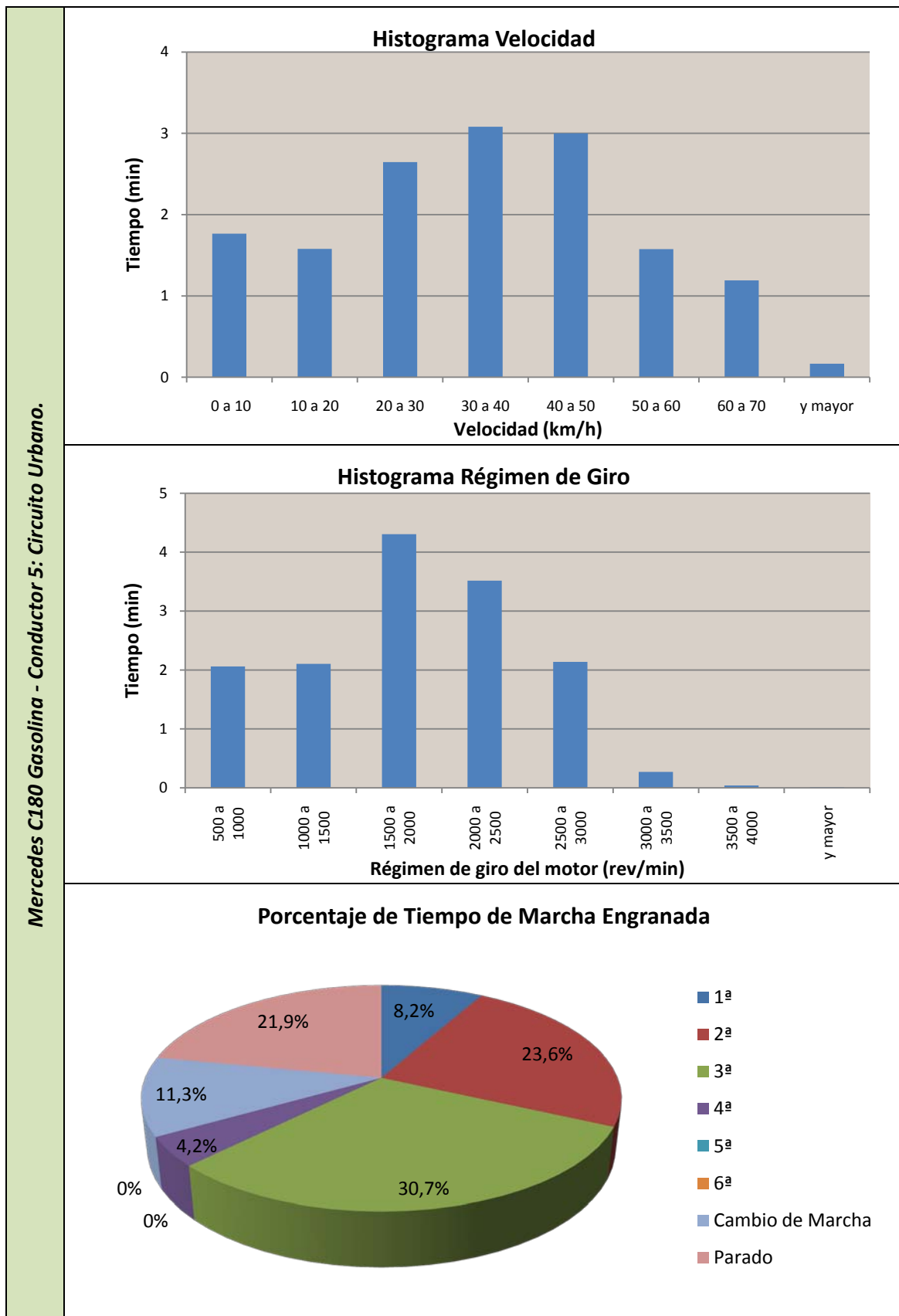


Figura 58. Datos Procesados Mercedes C180 Gasolina - Conductor 5: Circuito Urbano.

*PROPUESTA DE ENSAYO PARA HOMOLOGAR
EL RUIDO EMITIDO POR UN VEHÍCULO AUTOMÓVIL*

Circuito Carretera	Conductor/a		Conductor 1	Conductor 2	Conductor 3	Conductor 4	Conductor 5
	Vmedia (km/h)		75,76	71,64	78,60	73,21	88,51
	Vmáx. (km/h)		126,62	105,13	106,95	95,76	137,02
	Desv. Est. (km/h)		28,60	20,78	19,98	13,81	21,15
	Máx. Histograma Vel. (min)		1,47	2,22	1,76	2,11	1,80
	Máx. Histograma Rev. (min)		2,72	3,62	3,52	4,81	2,40
	Tiempo Mov. (min)		6,80	7,28	6,52	6,99	5,77
	Distancia (m)		8587,25	8688,87	8542,66	8531,78	8515,26
	Porcentaje de Tiempo	En 1ª	2%	1,3%	1,2%	0%	0%
		En 2ª	10%	4,6%	2,8%	0,2%	1%
		En 3ª	22,5%	27,6%	11%	5%	22,7%
		En 4ª	22,1%	38,8%	29,6%	11%	48,8%
		En 5ª	35,3%	20,2%	27,2%	37,8%	22,4%
		En 6ª	0%	1,9%	21%	42,1%	0%
		Cambio Marcha	8,2%	5,6%	6,8%	3,8%	5,2%

Tabla 17. Resumen Datos Procesados en el Circuito Carretera del Mercedes C180 Gasolina.

Circuito Urbano	Conductor/a		Conductor 1	Conductor 2	Conductor 3	Conductor 4	Conductor 5
	Vmedia (km/h)		33,53	30,38	30,55	28,42	35,55
	Vmáx. (km/h)		72,33	59,74	63,28	65,50	73,20
	Desv. Est. (km/h)		16,80	14,89	14,46	14,63	16,80
	Máx. Histograma Vel. (min)		3,62	4,69	4,44	4,53	3,08
	Máx. Histograma Rev. (min)		4,72	6,50	5,02	6,61	4,31
	Tiempo Parado (min)		9,66	8,58	6,97	8,30	4,06
	Tiempo Mov. (min)		15,18	16,72	16,77	17,99	14,44
	Distancia (m)		8484,50	8467,12	8541,16	8522,18	8558,83
	Porcentaje de Tiempo	En 1ª	6,7%	7,7%	8,2%	10,6%	8,2%
		En 2ª	21,4%	15,4%	27,9%	19,7%	23,6%
		En 3ª	20,6%	14,5%	21,3%	20,2%	30,7%
		En 4ª	2,6%	17,4%	3,4%	4,4%	4,2%
		En 5ª	0%	0%	0%	2,9%	0%
		En 6ª	0%	0%	0%	0%	0%
		Cambio Marcha	9,8%	11,2%	9,8%	10,6%	11,3%
		Parado	38,9%	33,9%	29,4%	31,6%	21,9%

Tabla 18. Resumen Datos Procesados en el Circuito Urbano del Mercedes C180 Gasolina.

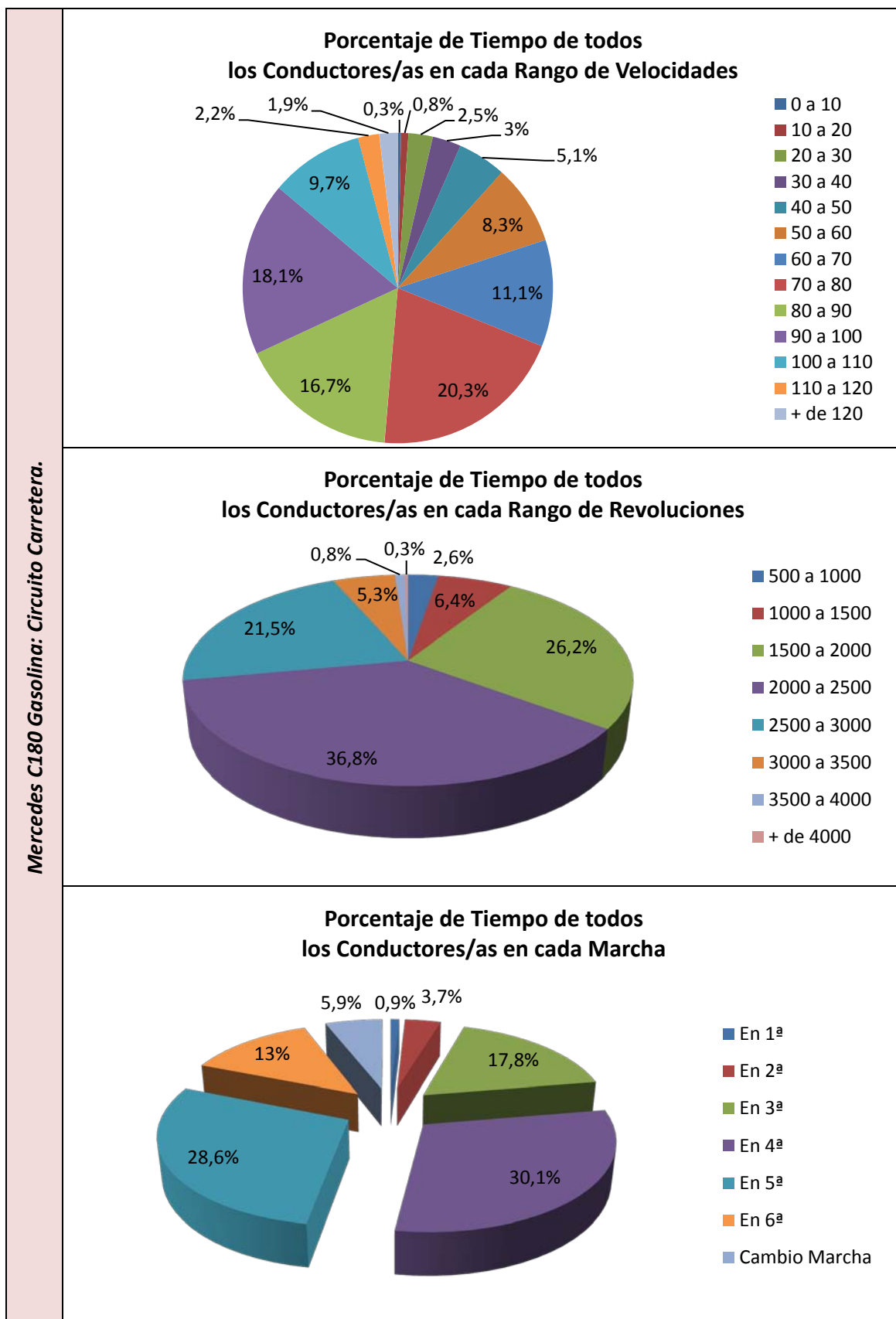


Figura 59. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Mercedes C180 Gasolina en el Circuito Carretera.

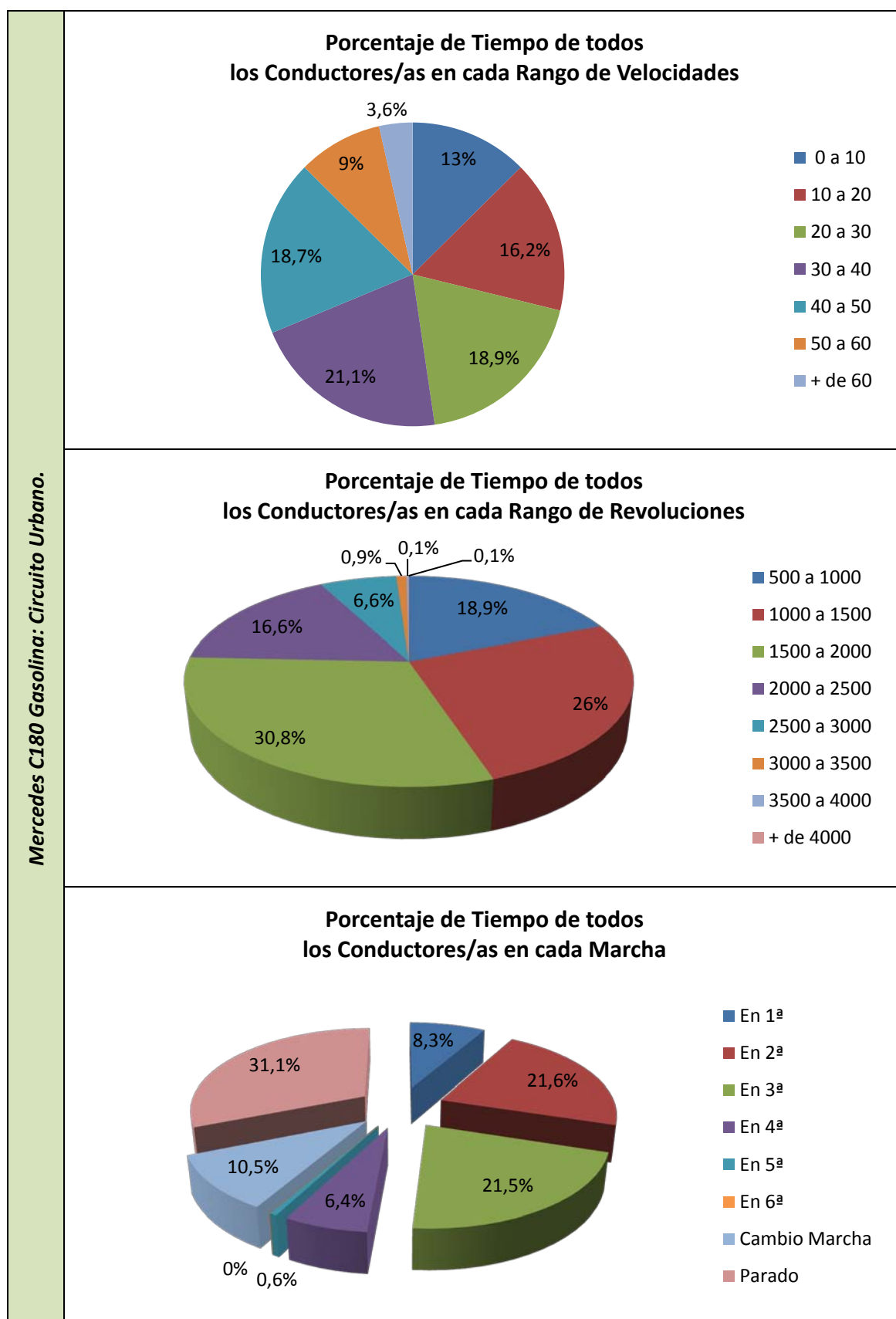


Figura 60. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Mercedes C180 Gasolina en el Circuito Urbano.

12.4. Audi A4 Diésel

Audi A4 Diésel - Conductor 1: Circuito Carretera.

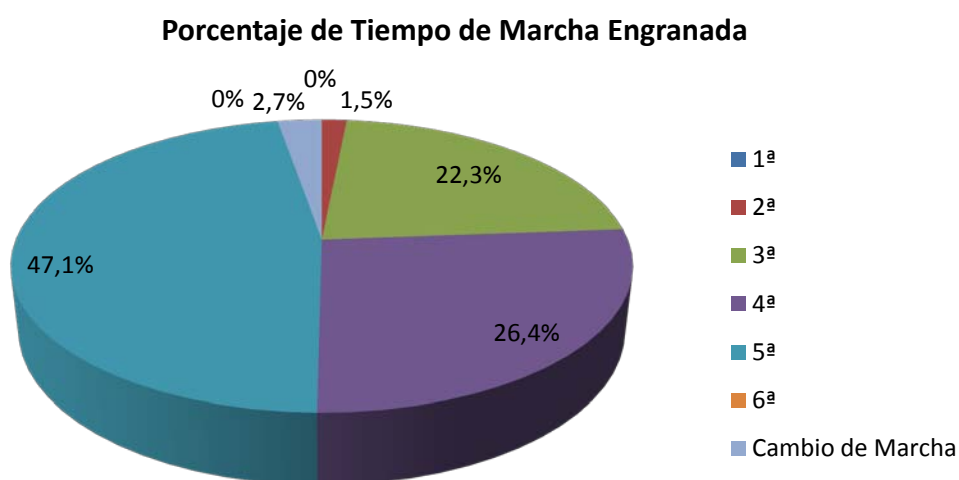
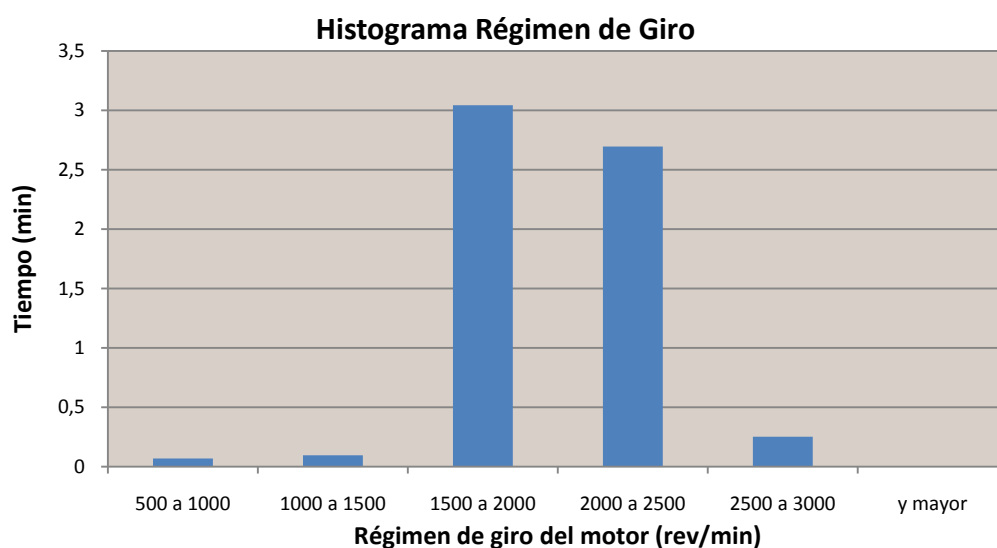
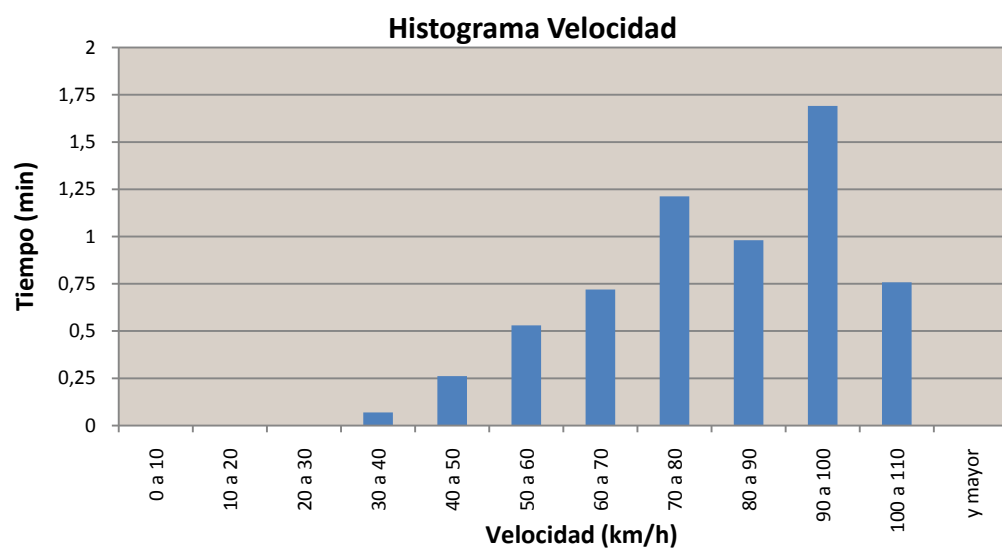


Figura 61. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 1: Circuito Carretera.

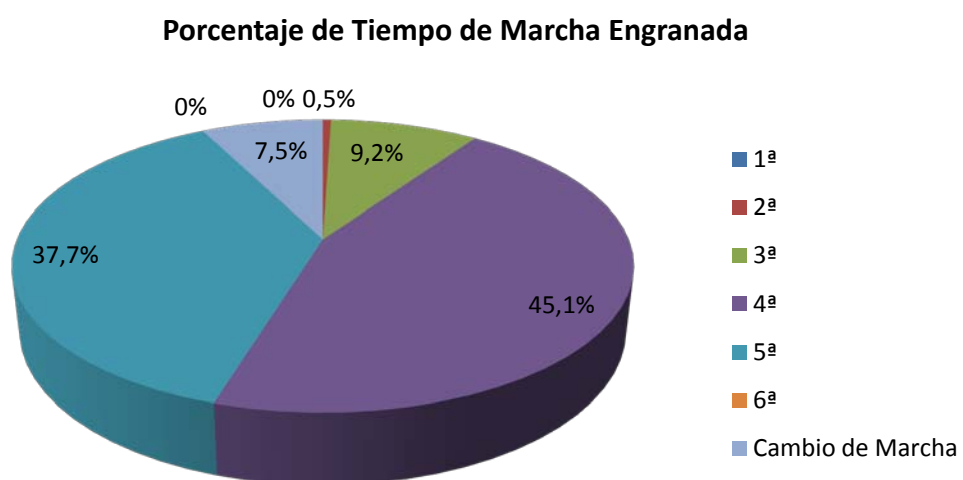
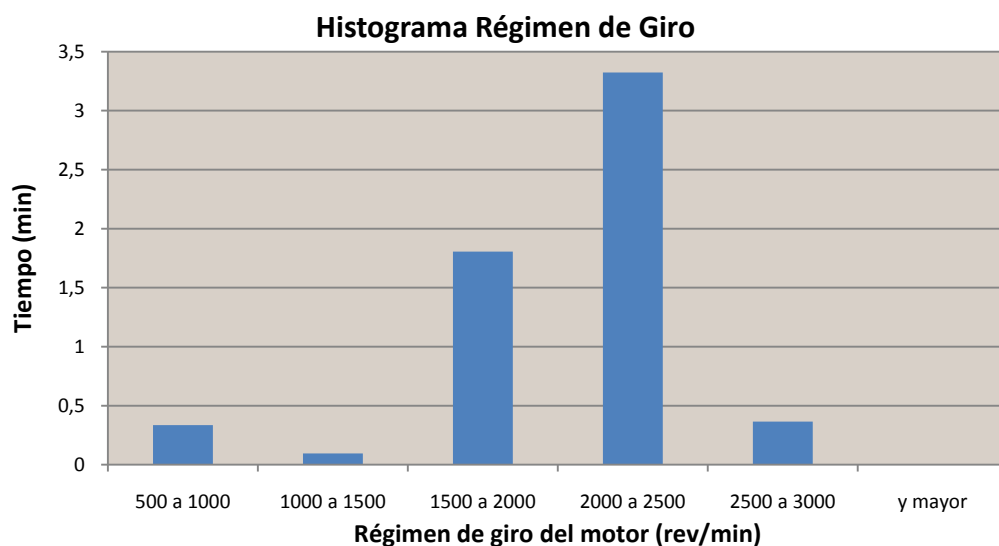
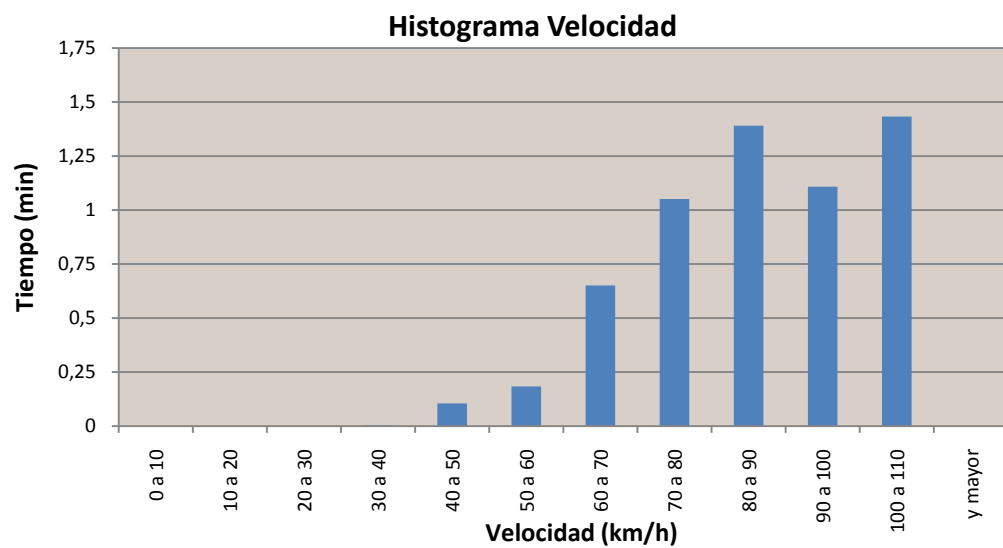


Figura 62. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 2: Circuito Carretera.

Audi A4 Diésel - Conductor 3: Circuito Carretera.

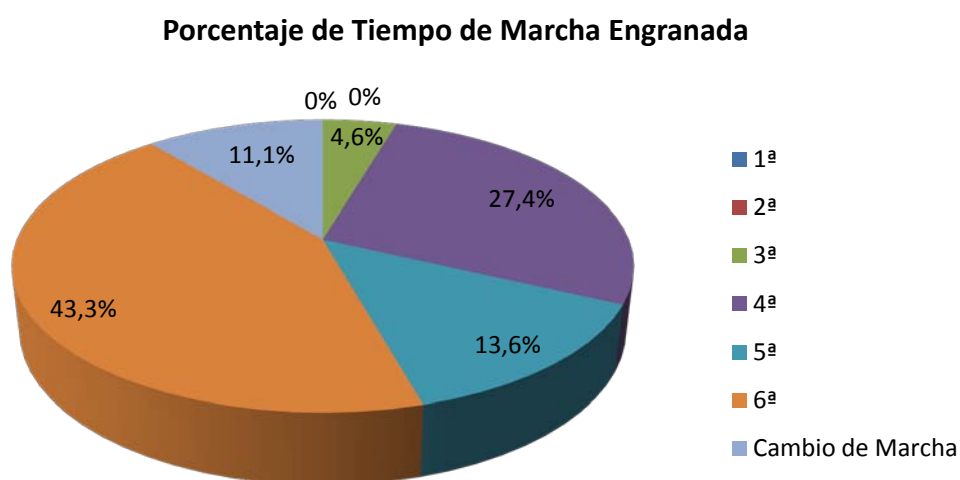
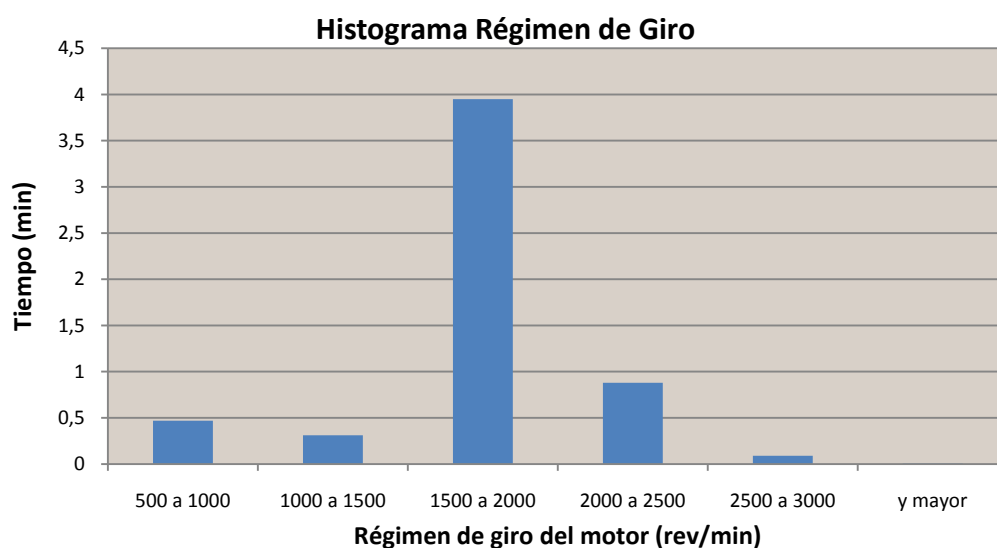
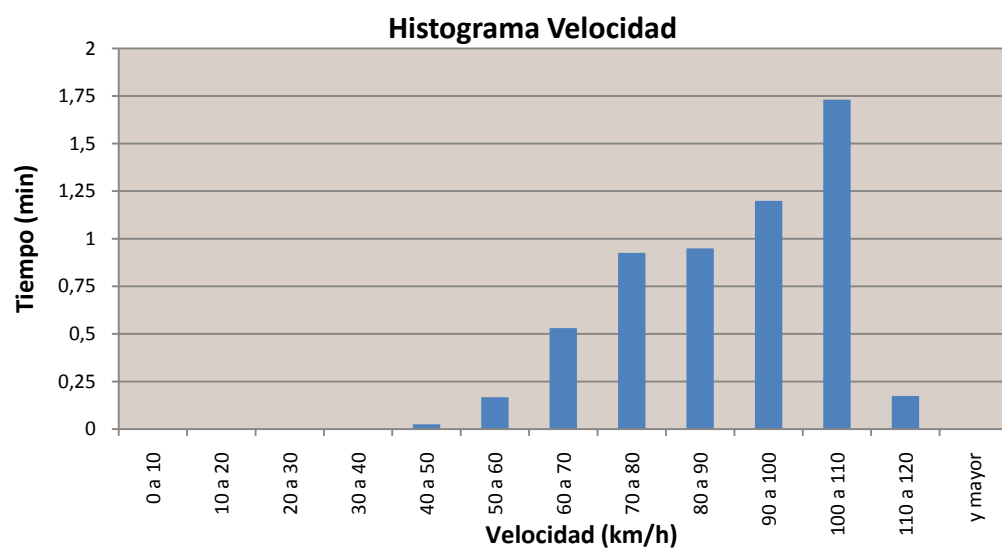


Figura 63. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 3: Circuito Carretera.

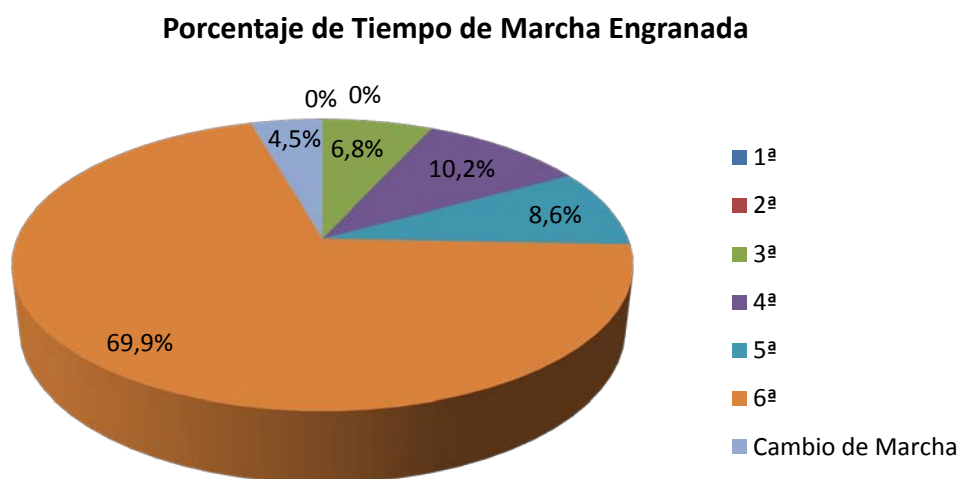
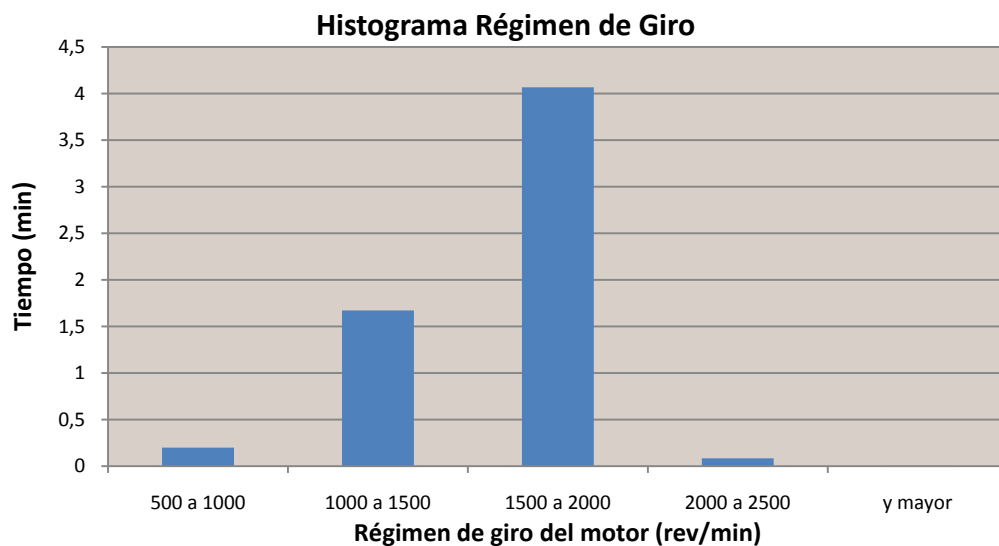
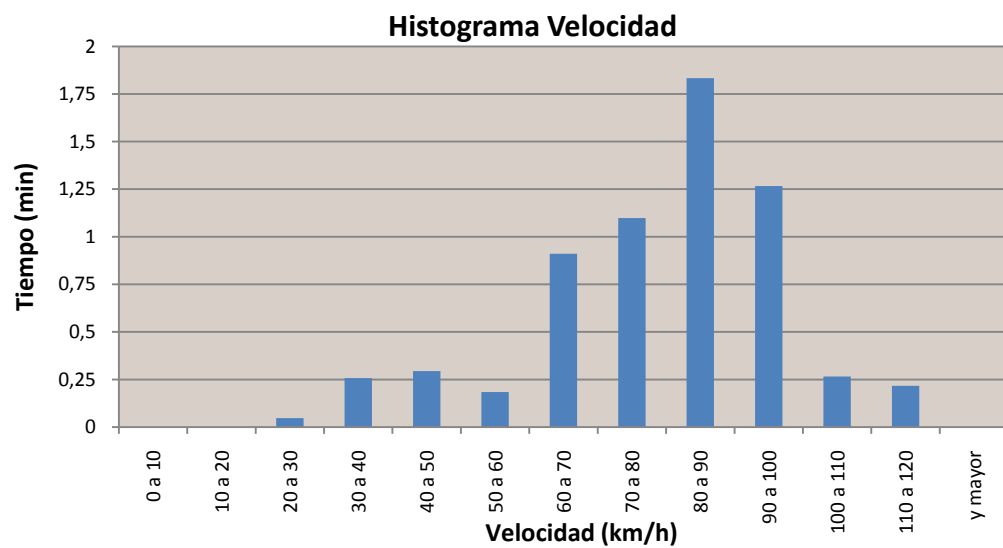


Figura 64. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 4: Circuito Carretera.

Audi A4 Diésel - Conductor 5: Circuito Carretera.

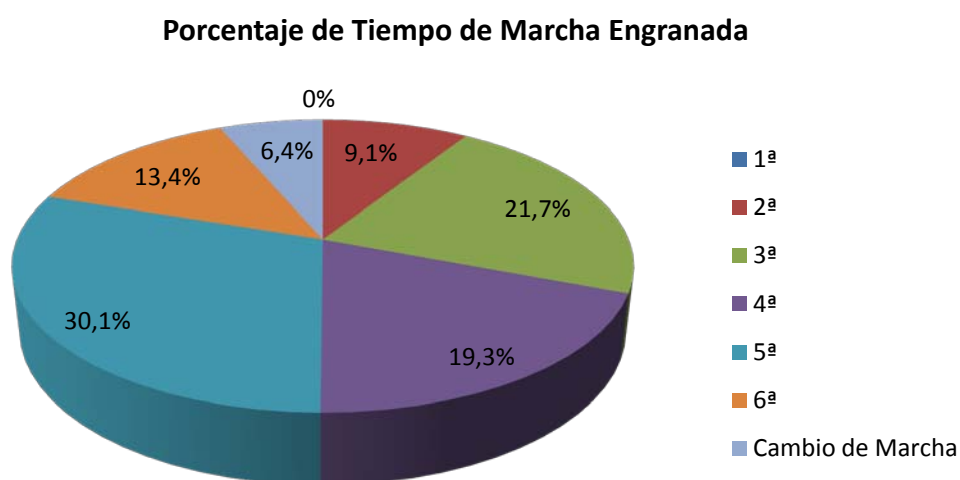
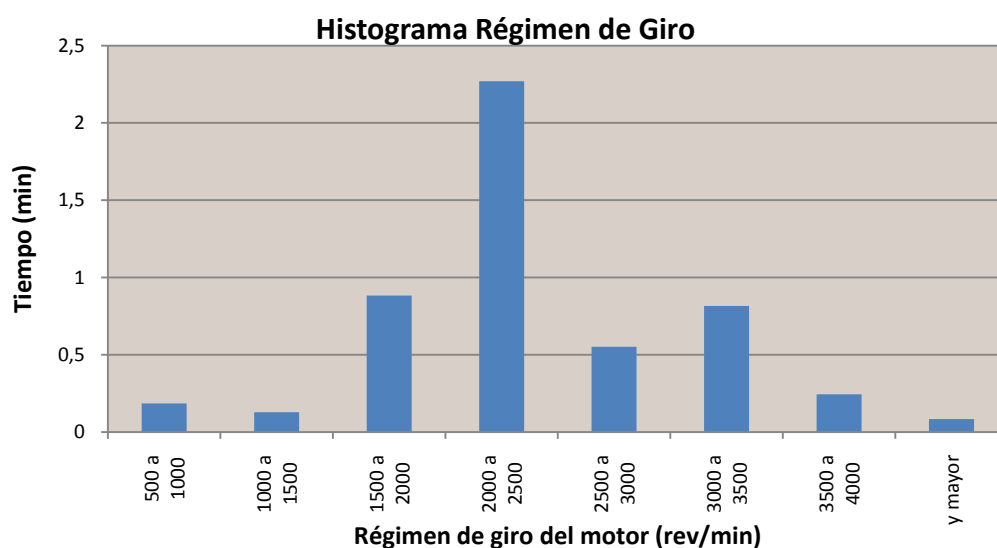
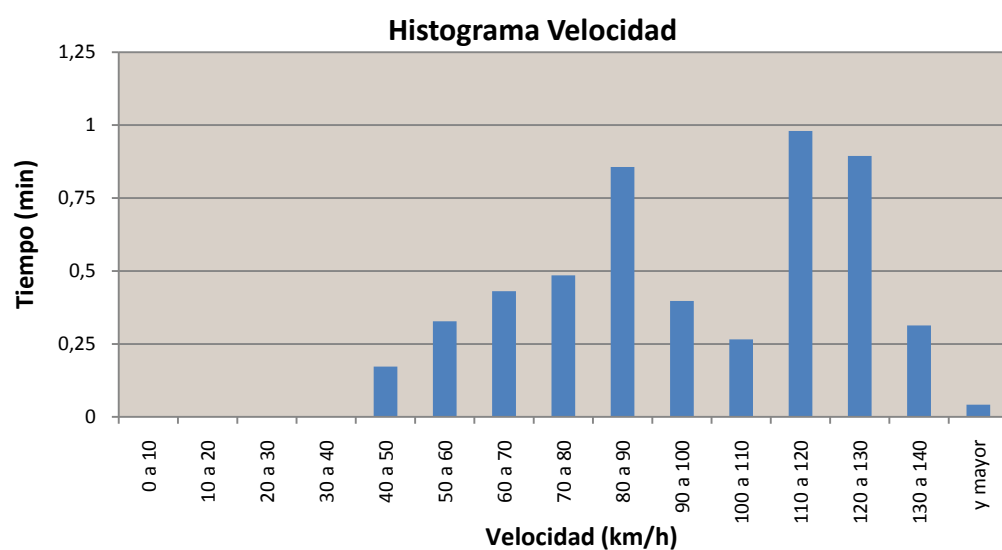


Figura 65. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 5: Circuito Carretera.

Audi A4 Diésel - Conductor 6: Circuito Carretera.

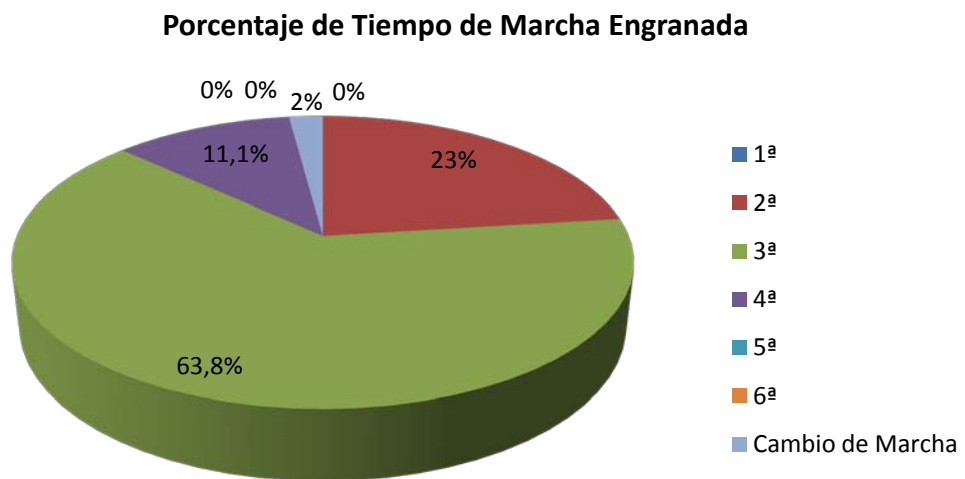
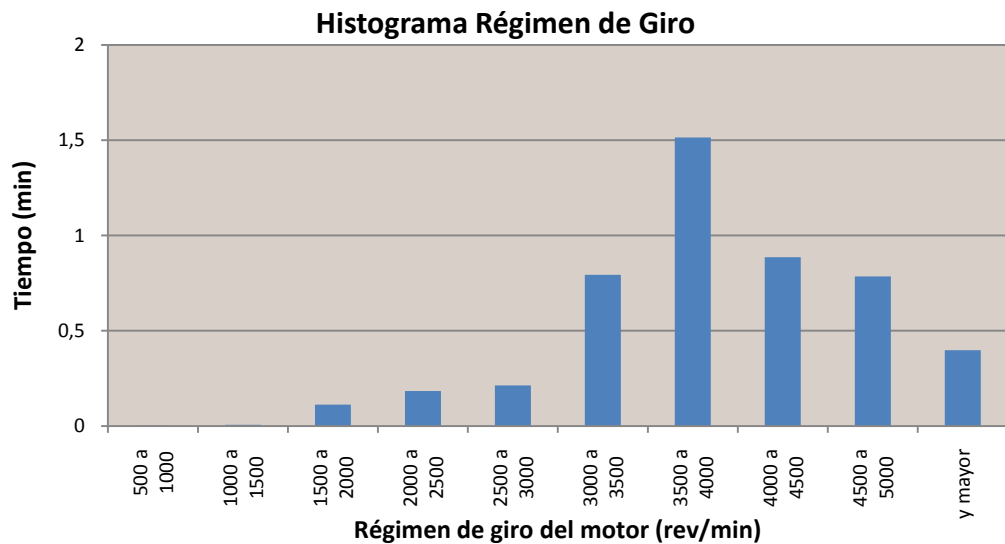
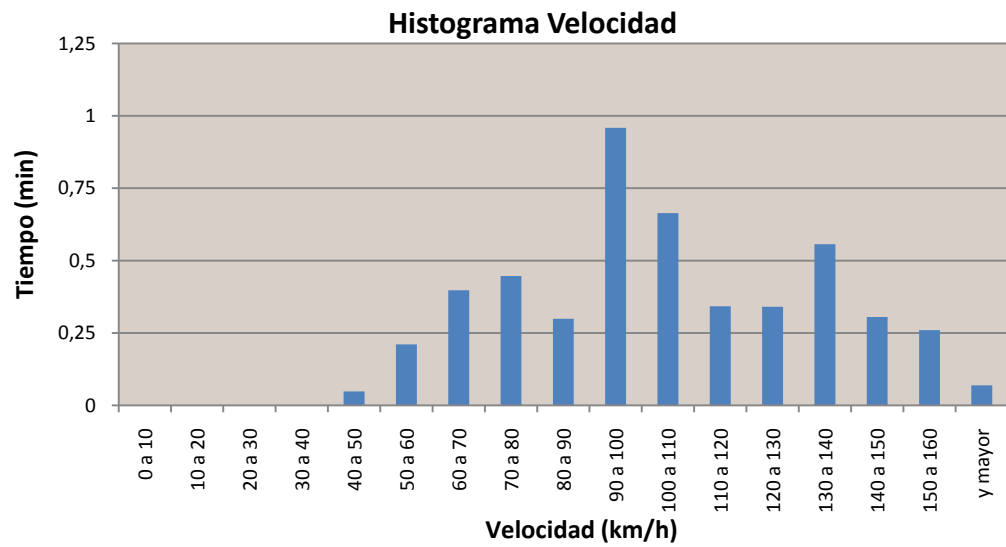


Figura 66. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 6: Circuito Carretera.

Audi A4 Diésel - Conductor 7: Circuito Carretera.

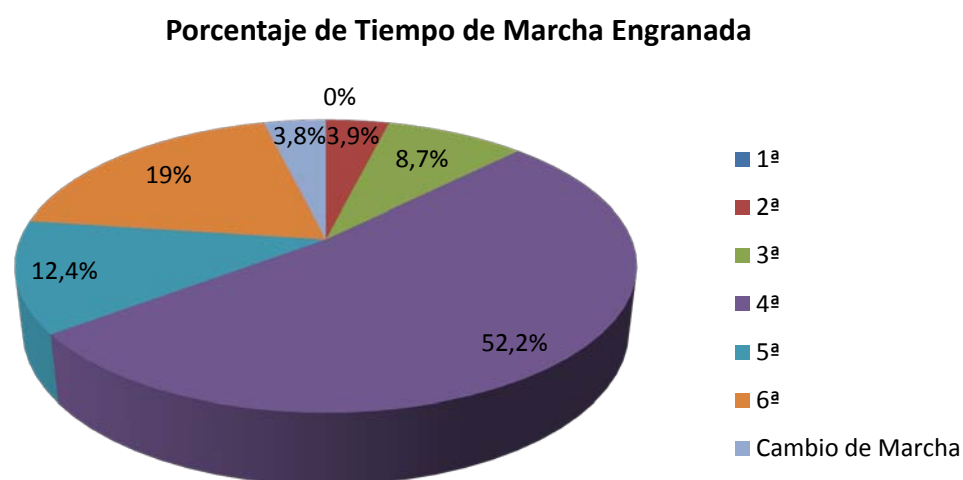
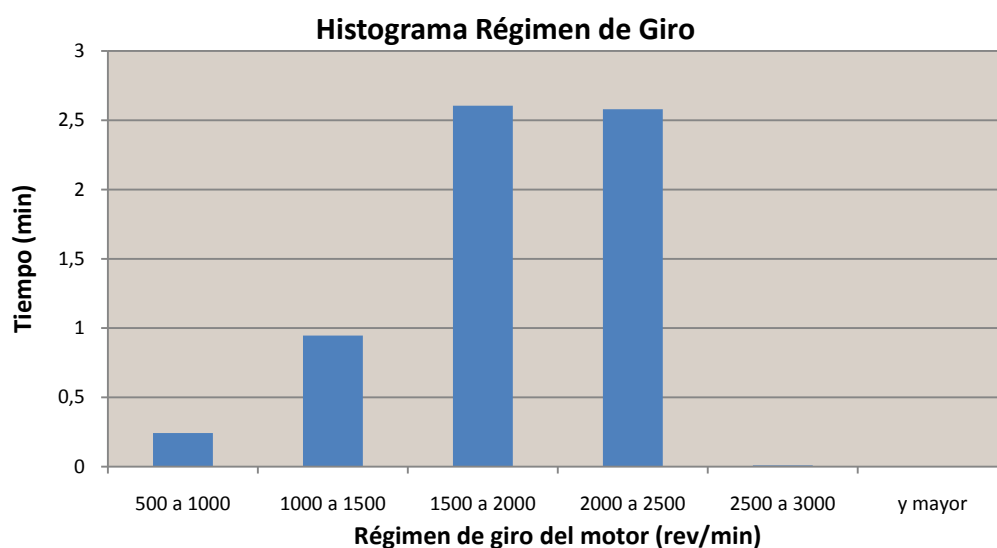
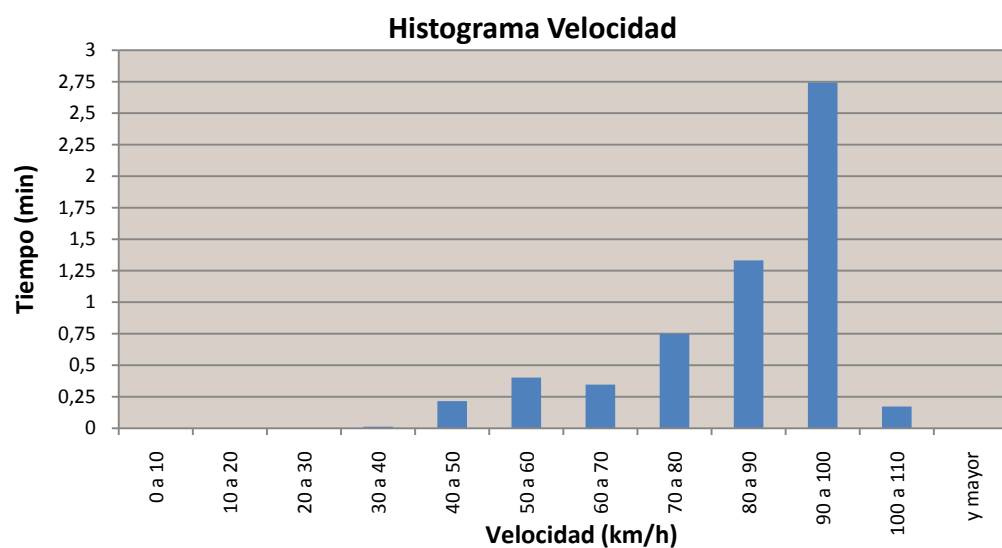


Figura 67. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 7: Circuito Carretera.

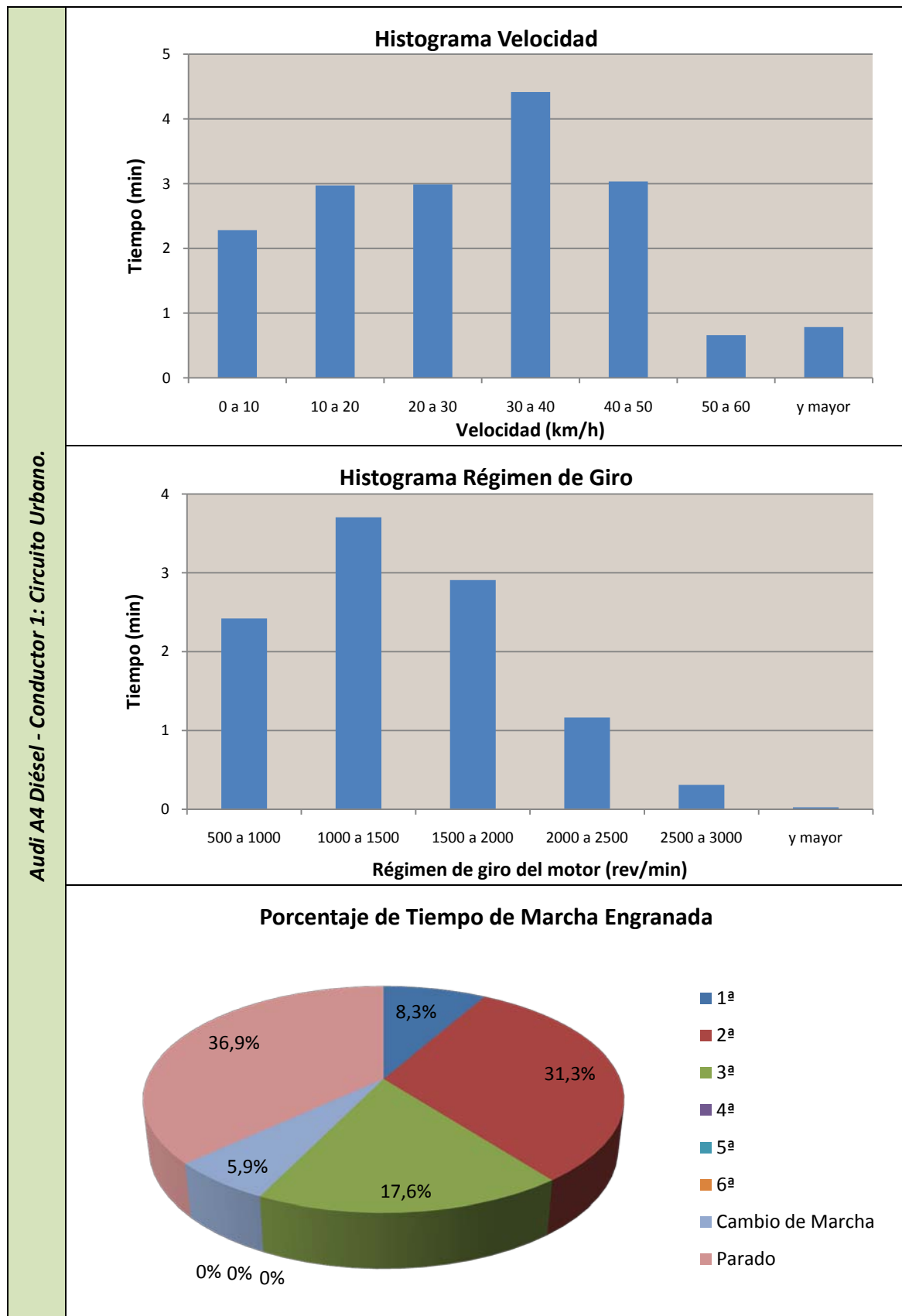


Figura 68. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 1: Circuito Urbano.

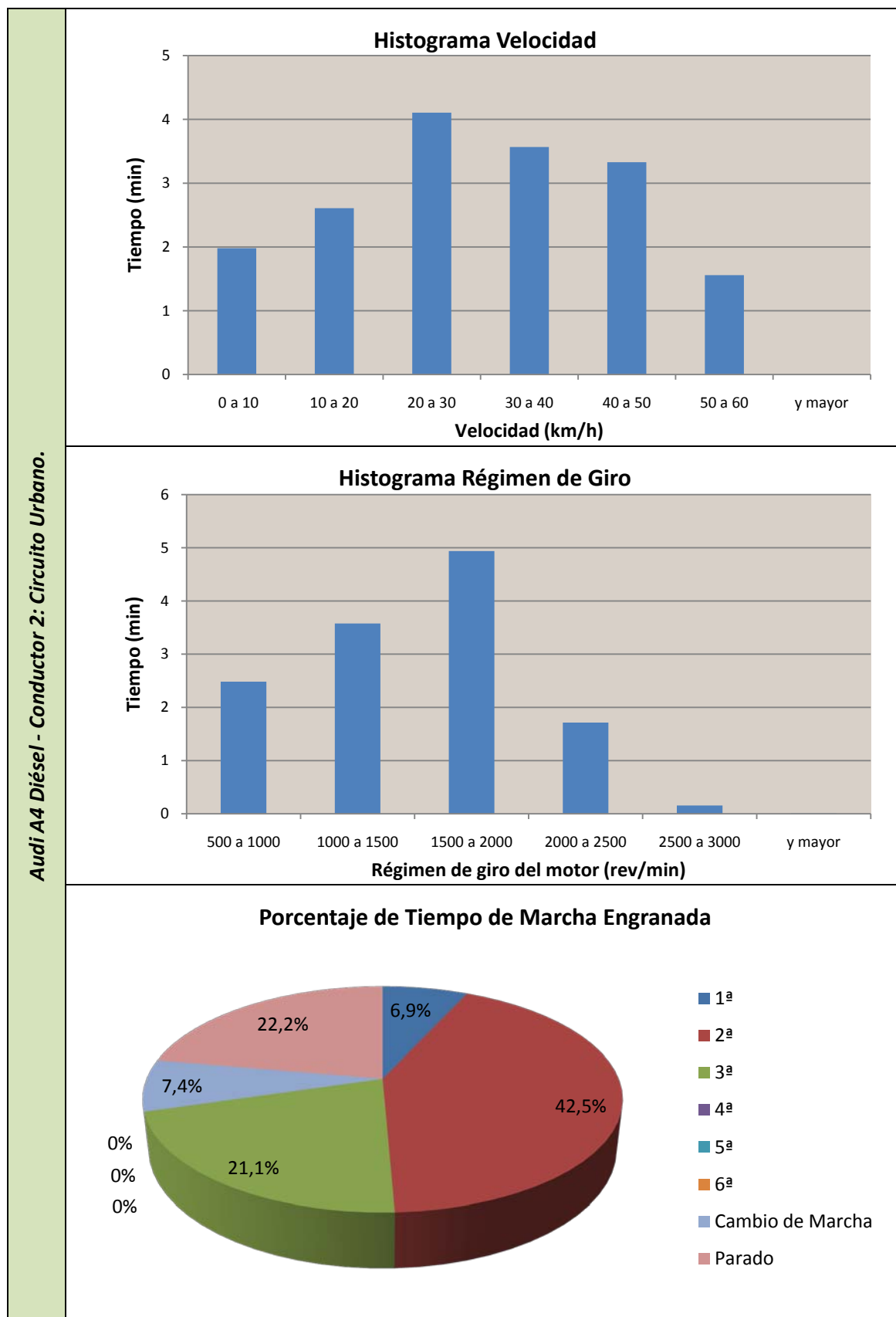


Figura 69. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 2: Circuito Urbano.

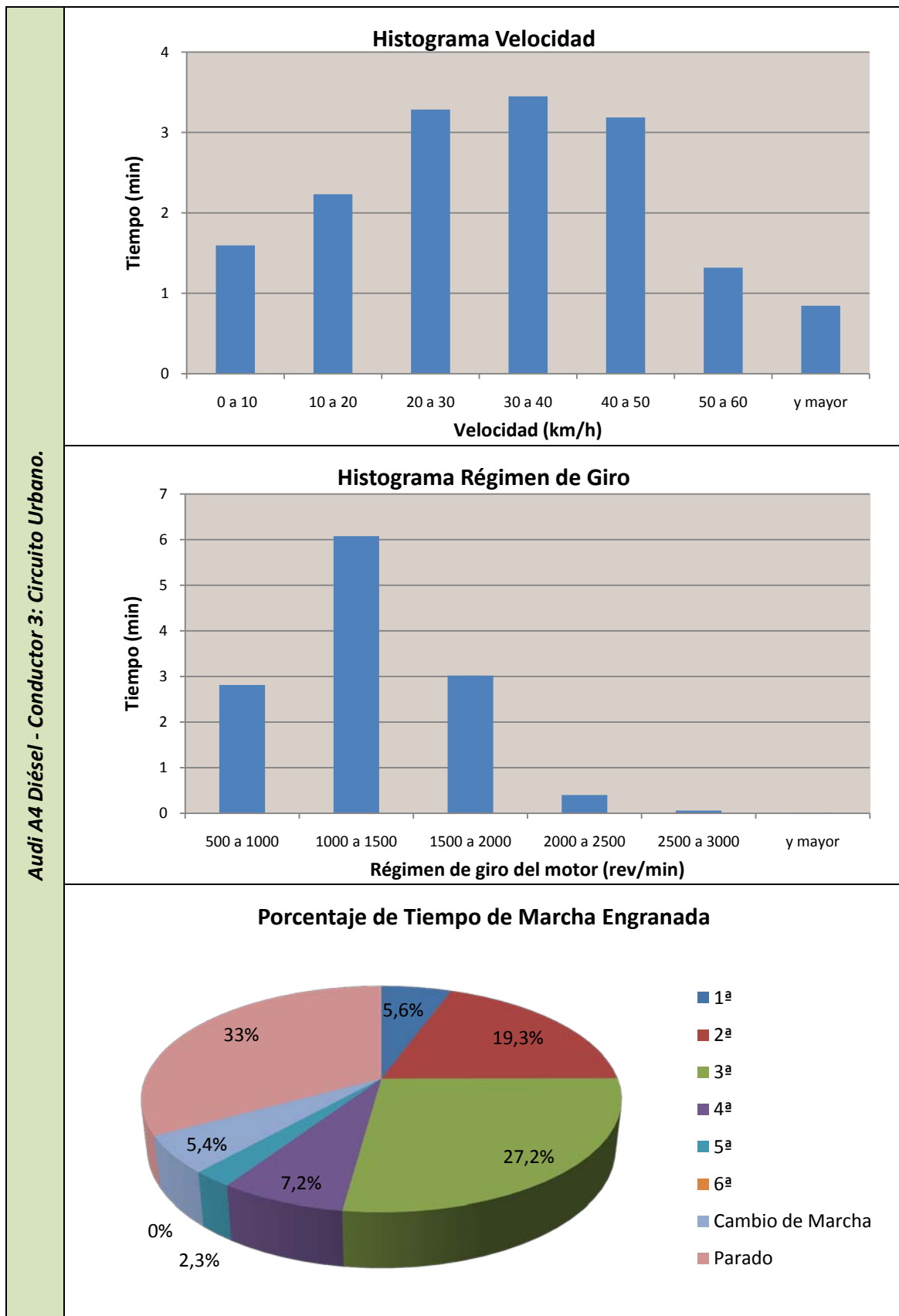


Figura 70. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 3: Circuito Urbano.

Audi A4 Diésel - Conductor 4: Circuito Urbano.

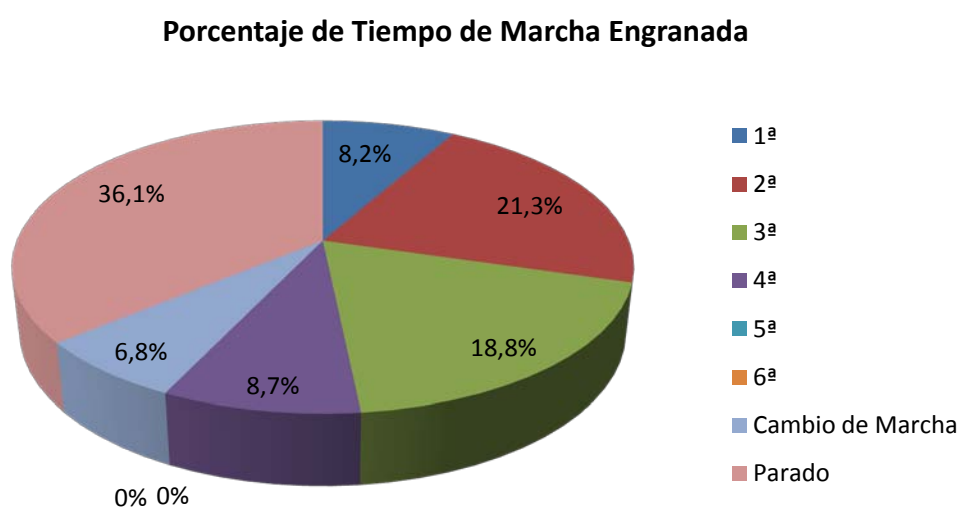
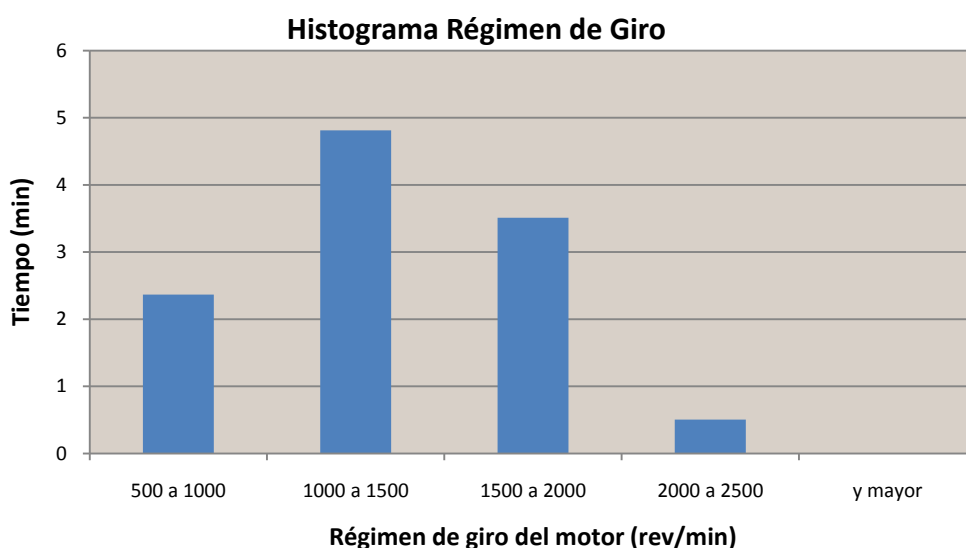
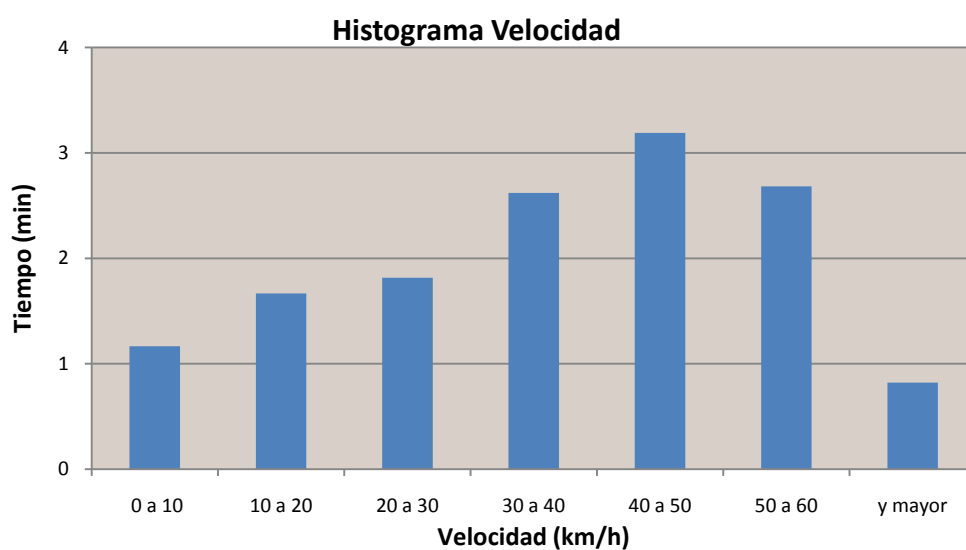


Figura 71. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 4: Circuito Urbano.

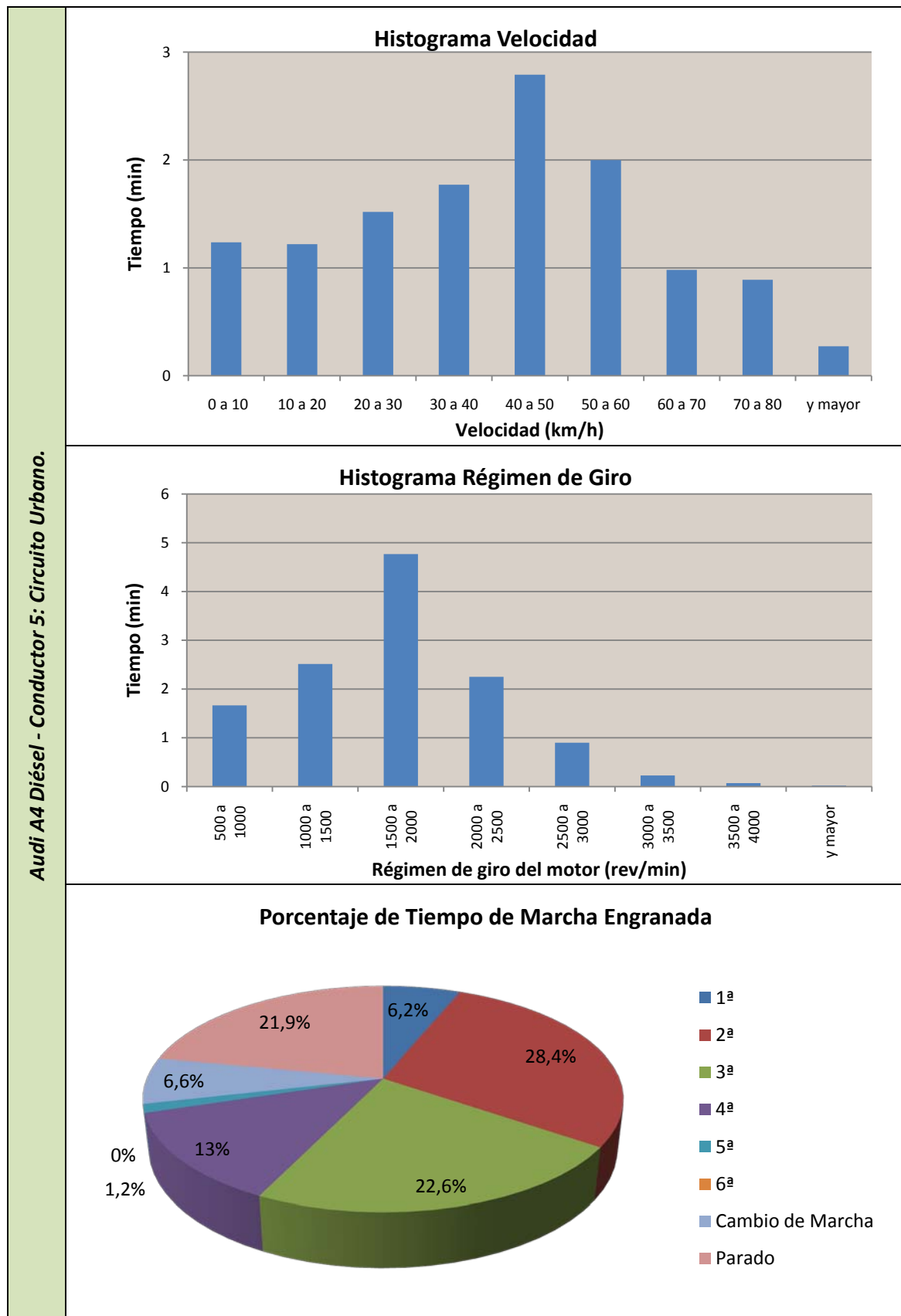


Figura 72. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 5: Circuito Urbano.

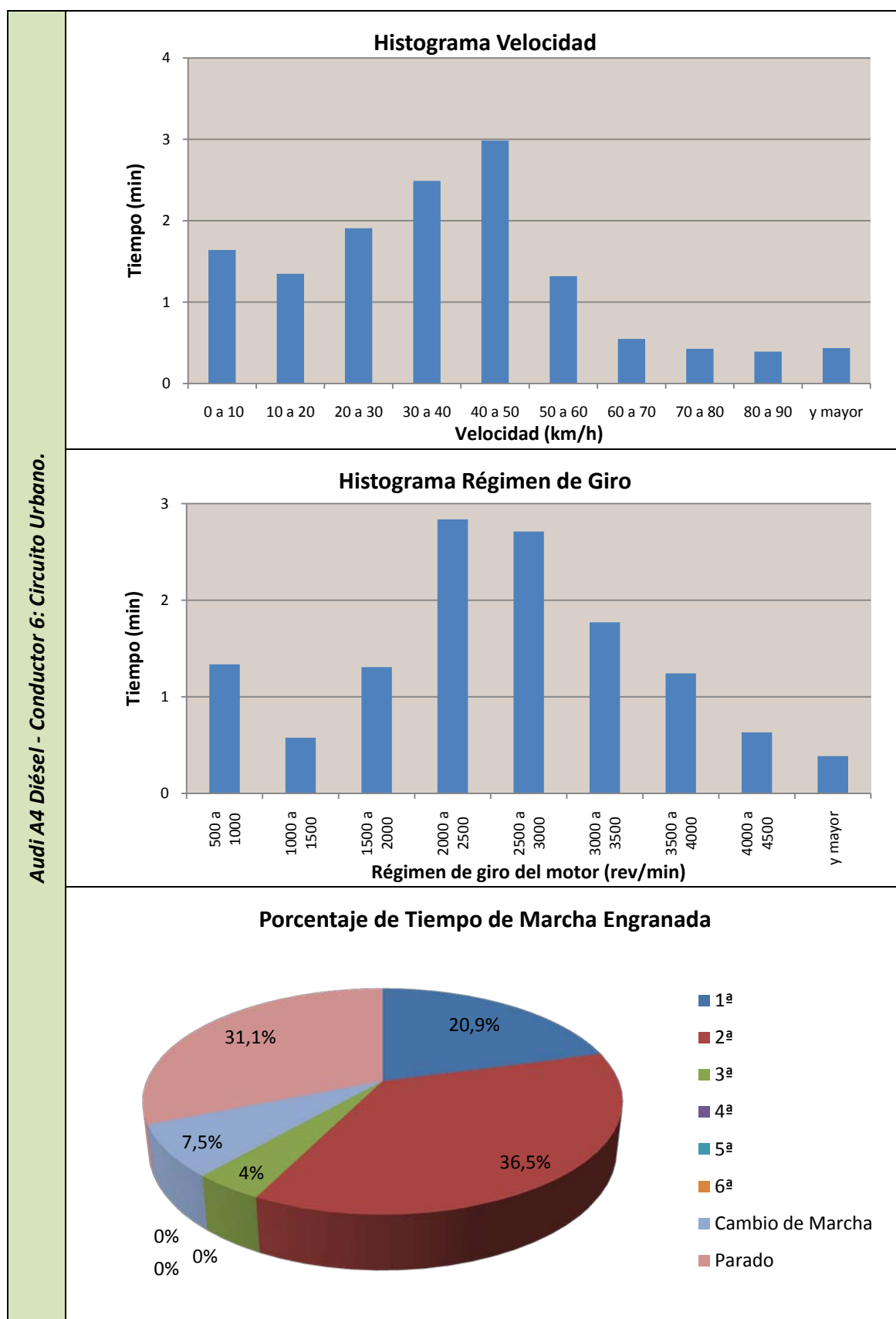


Figura 73. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 6: Circuito Urbano.

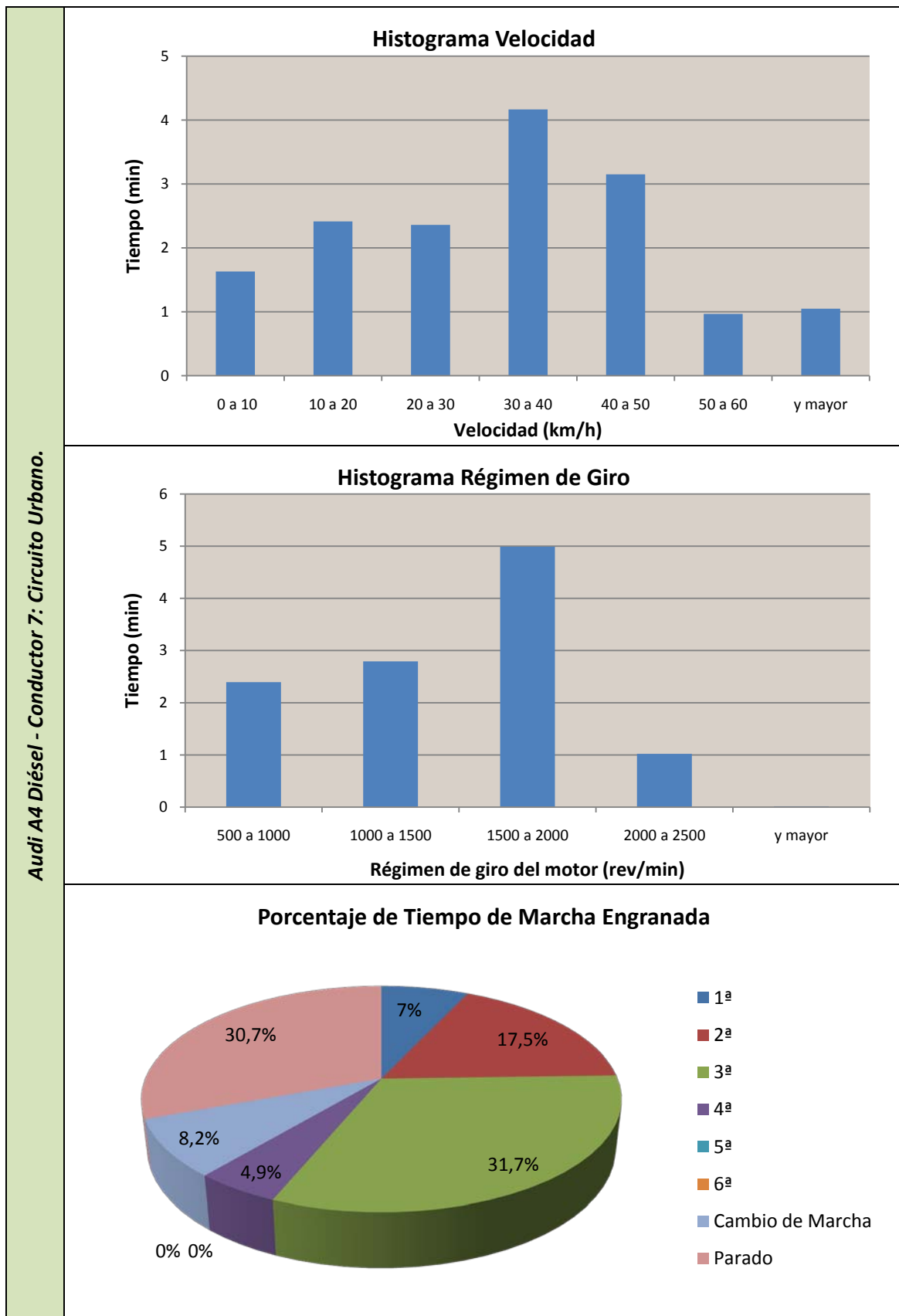


Figura 74. Datos Procesados Audi A4 Diésel - Conductor 7: Circuito Urbano.

*PROPUESTA DE ENSAYO PARA HOMOLOGAR
EL RUIDO EMITIDO POR UN VEHÍCULO AUTOMÓVIL*

Circuito Carretera	Conductor/a		Conductor 1	Conductor 2	Conductor 3	Conductor 4	Conductor 5	Conductor 6	Conductor 7
	Vmedia (km/h)		81,45	85,62	89,57	79,26	96,99	104,32	84,21
	Vmáx. (km/h)		107,95	108,39	115,19	115,60	142,90	163,90	102,56
	Desv. Est. (km/h)		17,37	14,91	15,69	17,77	25,33	28,55	14,60
	Máx. Histograma Vel. (min)		1,69	1,43	1,73	1,83	0,98	0,96	2,74
	Máx. Histograma Rev. (min)		3,04	3,32	3,95	4,07	2,27	1,51	2,61
	Tiempo Mov. (min)		6,22	5,93	5,70	6,38	5,17	4,90	5,97
	Distancia (m)		8446,70	8454,76	8512,48	8420,90	8349,16	8517,87	8382,60
	Porcentaje de Tiempo	En 1ª	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		En 2ª	1,5%	0,5%	0%	0%	9,1%	23%	3,9%
		En 3ª	22,3%	9,2%	4,6%	6,8%	21,7%	63,8%	8,7%
		En 4ª	26,4%	45,1%	27,4%	10,2%	19,3%	11,1%	52,2%
		En 5ª	47,1%	37,7%	13,6%	8,6%	30,1%	0%	12,4%
		En 6ª	0%	0%	43,3%	69,9%	13,4%	0%	19%
	Cambio Marcha		2,7%	7,5%	11,1%	4,5%	6,4%	2%	3,8%

Tabla 19. Resumen Datos Procesados en el Circuito Carretera del Audi A4 Diésel.

Circuito Urbano	Conductor/a		Conductor 1	Conductor 2	Conductor 3	Conductor 4	Conductor 5	Conductor 6	Conductor 7
	Vmedia (km/h)		30,96	31,04	33,53	37,30	41,24	39,81	33,30
	Vmáx. (km/h)		72,26	58,93	65,35	67,15	88,39	103,11	71,78
	Desv. Est. (km/h)		15,48	14	15,20	16,24	19,92	21,41	15,79
	Máx. Histograma Vel. (min)		4,42	4,11	3,45	3,19	2,79	2,98	4,17
	Máx. Histograma Rev. (min)		3,70	4,94	6,08	4,81	4,77	2,84	4,99
	Tiempo Parado (min)		6,18	3,67	6,09	6,33	3,49	5,77	4,96
	Tiempo Mov. (min)		16,43	16,44	15,27	13,73	12,40	12,81	15,33
	Distancia (m)		8479,74	8502,32	8531,47	8533,66	8519,97	8496,17	8504,16
	Porcentaje de Tiempo	En 1ª	8,3%	6,9%	5,6%	8,2%	6,2%	20,9%	7%
		En 2ª	31,3%	42,5%	19,3%	21,3%	28,4%	36,5%	17,5%
		En 3ª	17,6%	21,1%	27,2%	18,8%	22,6%	4%	31,7%
		En 4ª	0%	0%	7,2%	8,7%	13%	0%	4,9%
		En 5ª	0%	0%	2,3%	0%	1,2%	0%	0%
		En 6ª	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		Cambio Marcha	5,9%	7,4%	5,4%	6,8%	6,6%	7,5%	8,2%
	Parado		36,9%	22,2%	33%	36,1%	21,9%	31,1%	30,7%

Tabla 20. Resumen Datos Procesados en el Circuito Urbano del Audi A4 Diésel.

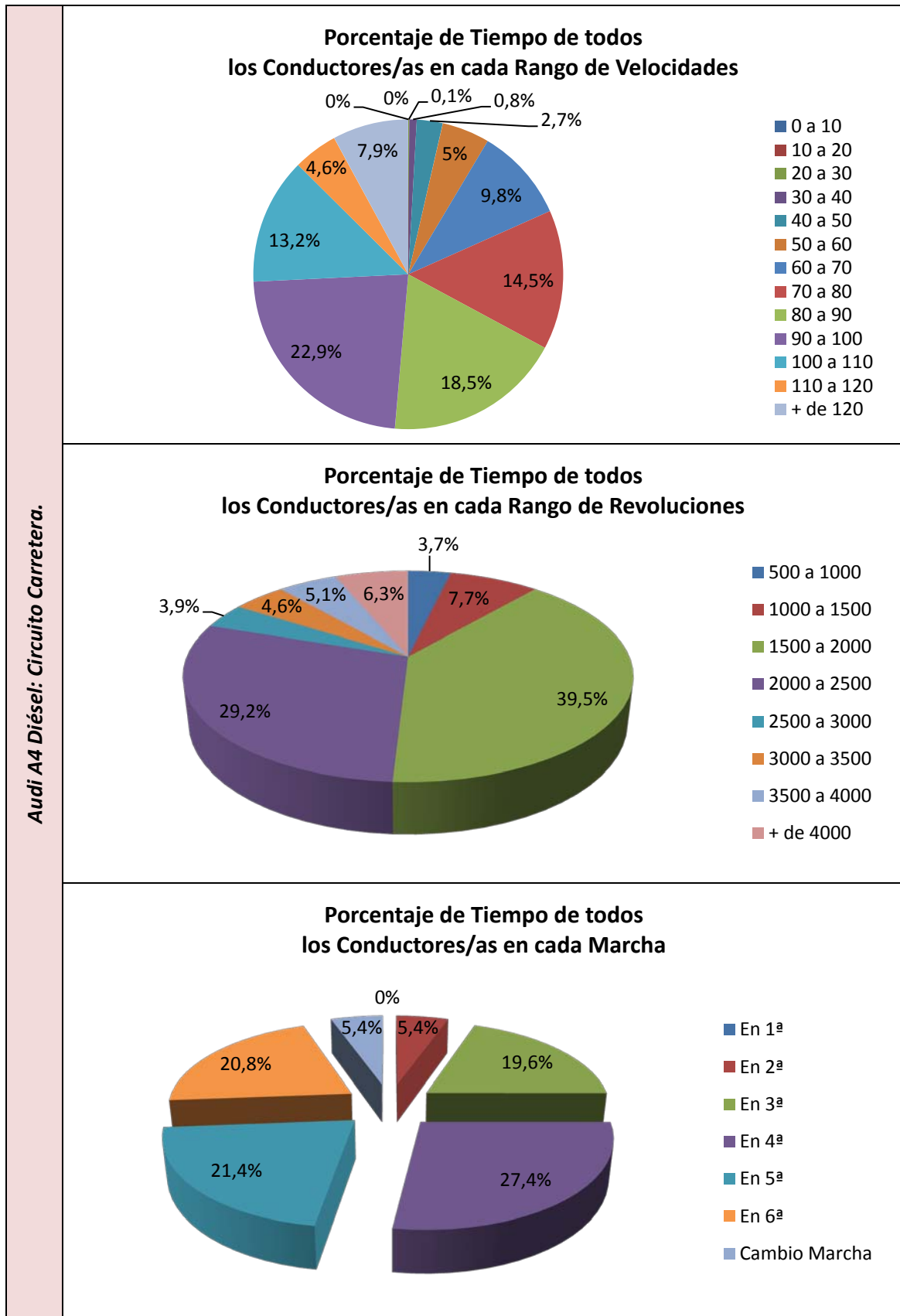


Figura 75. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Audi A4 Diésel en el Circuito Carretera.

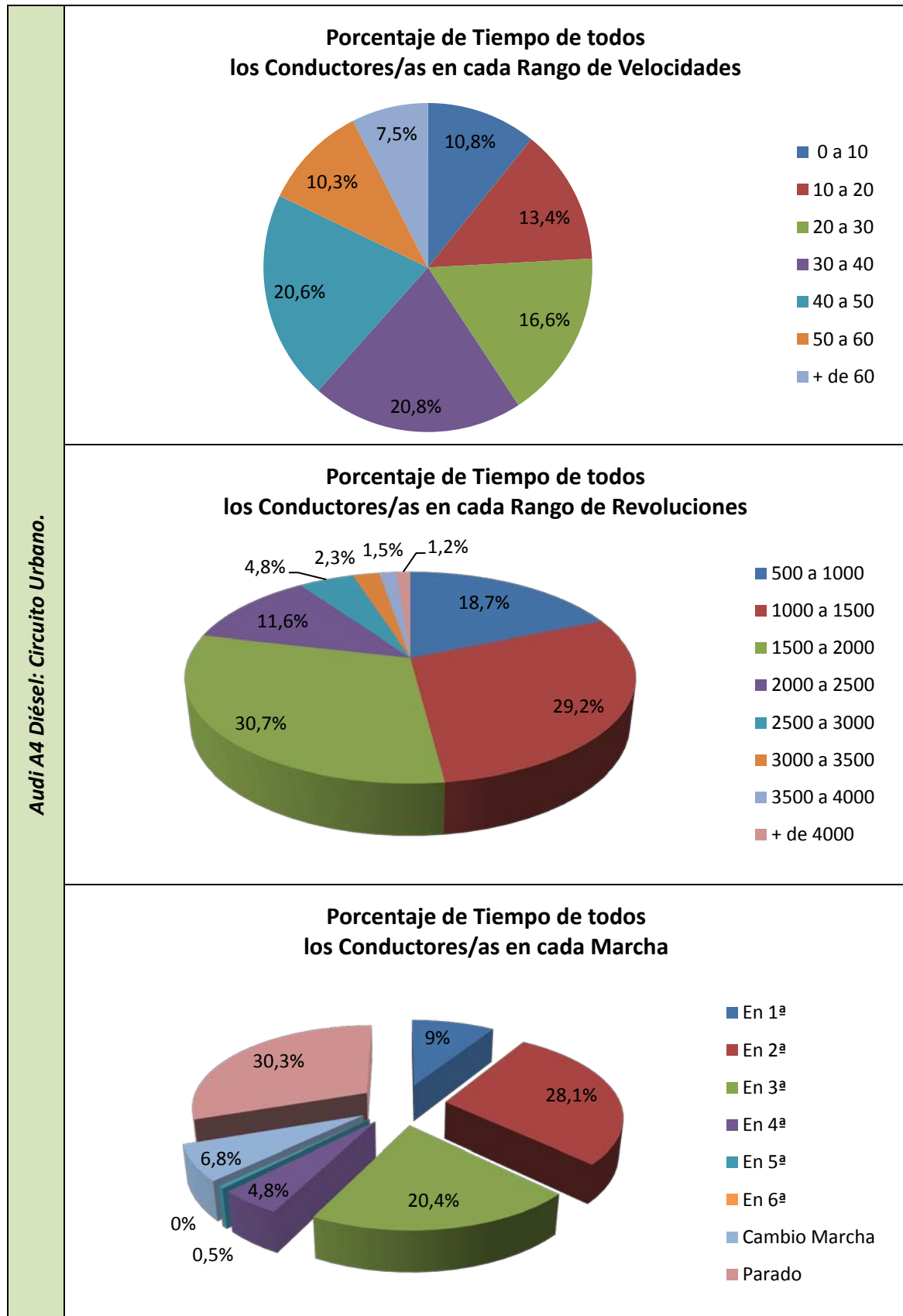


Figura 76. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Audi A4 Diésel en el Circuito Urbano.

12.5. Volkswagen Golf Diésel

Volkswagen Golf Diésel - Conductor 1: Circuito Carretera.

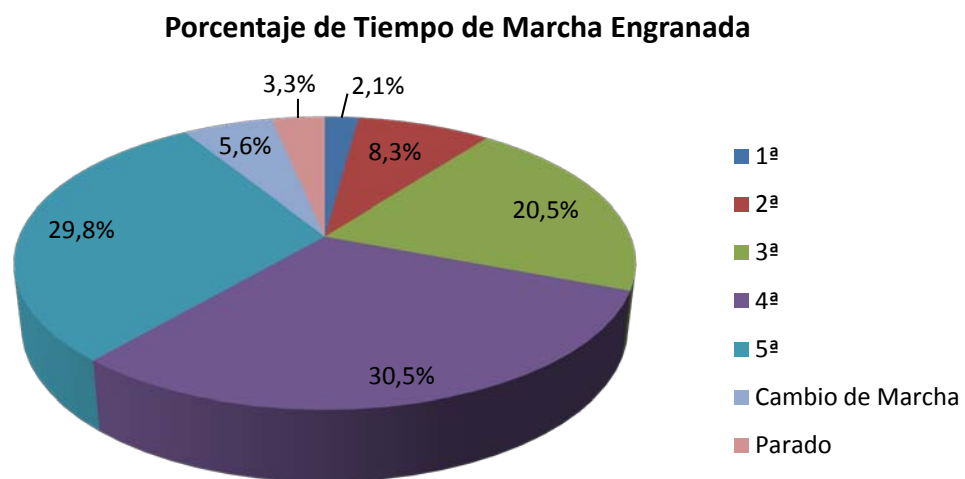
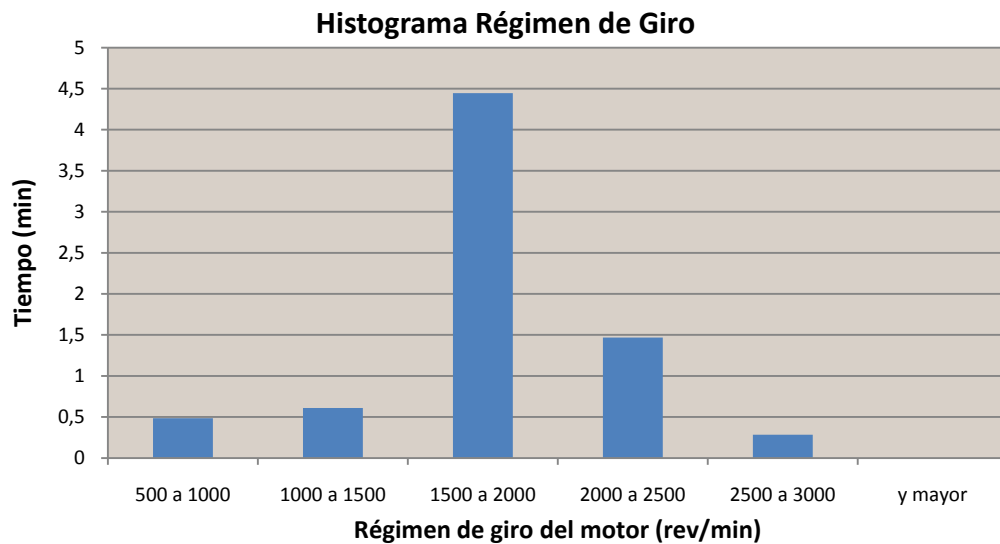
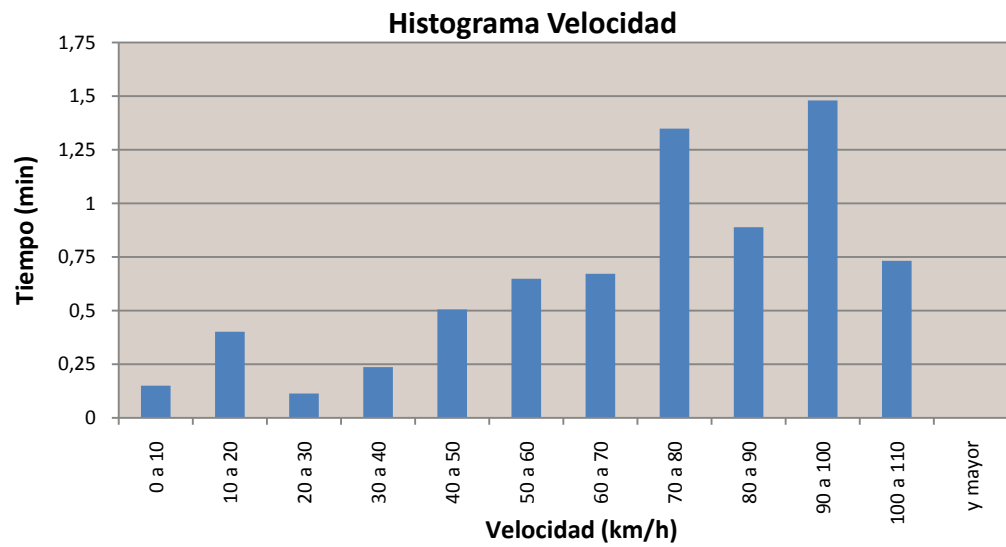


Figura 77. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 1: Circuito Carretera.

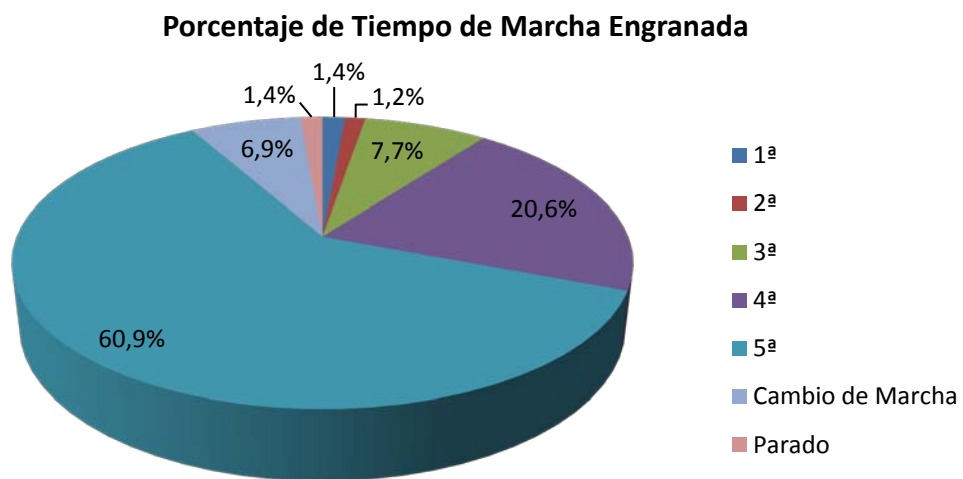
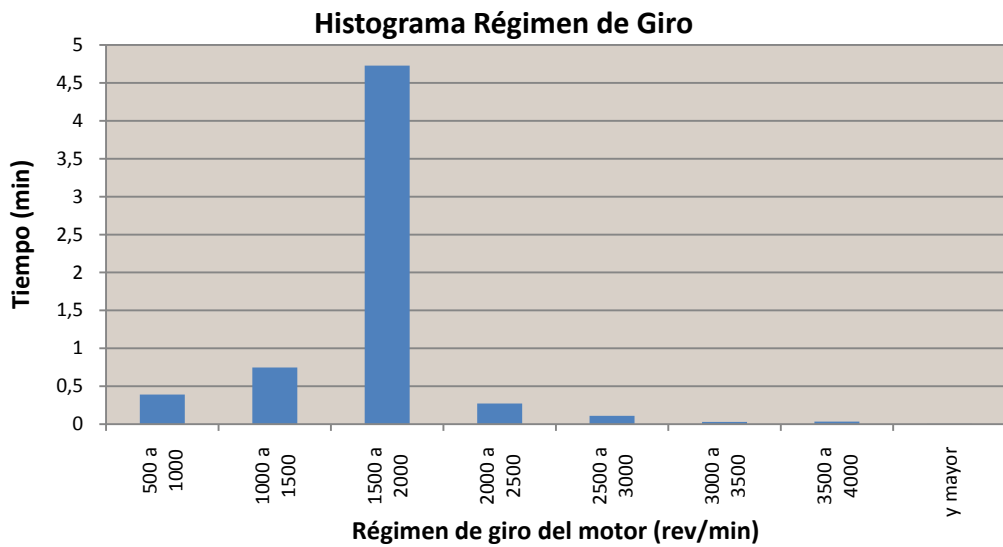
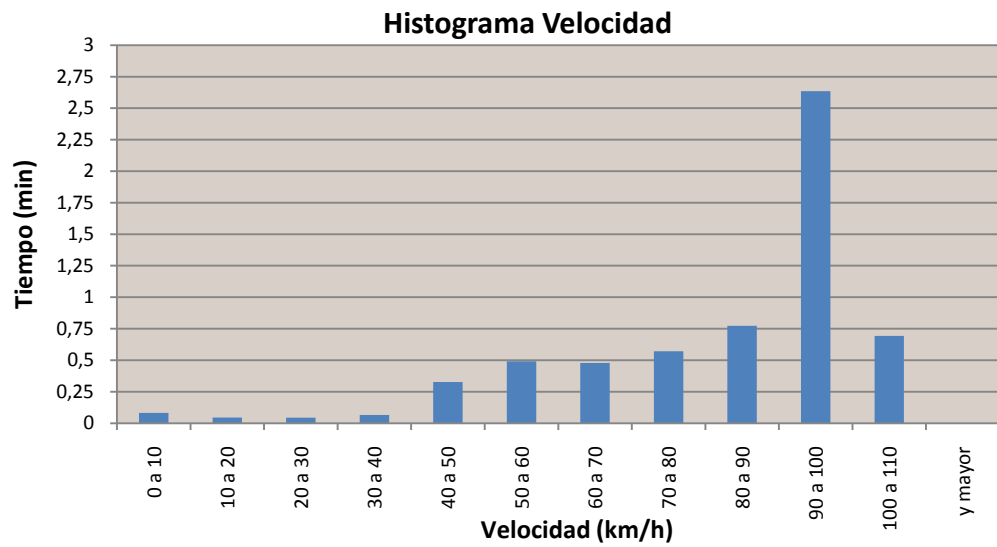


Figura 78. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 2: Circuito Carretera.

Volkswagen Golf Diésel - Conductor 3: Circuito Carretera.

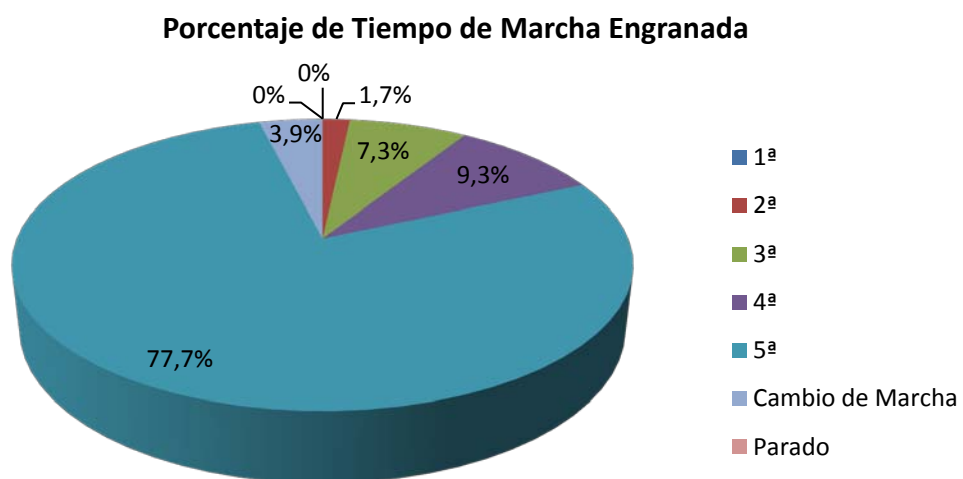
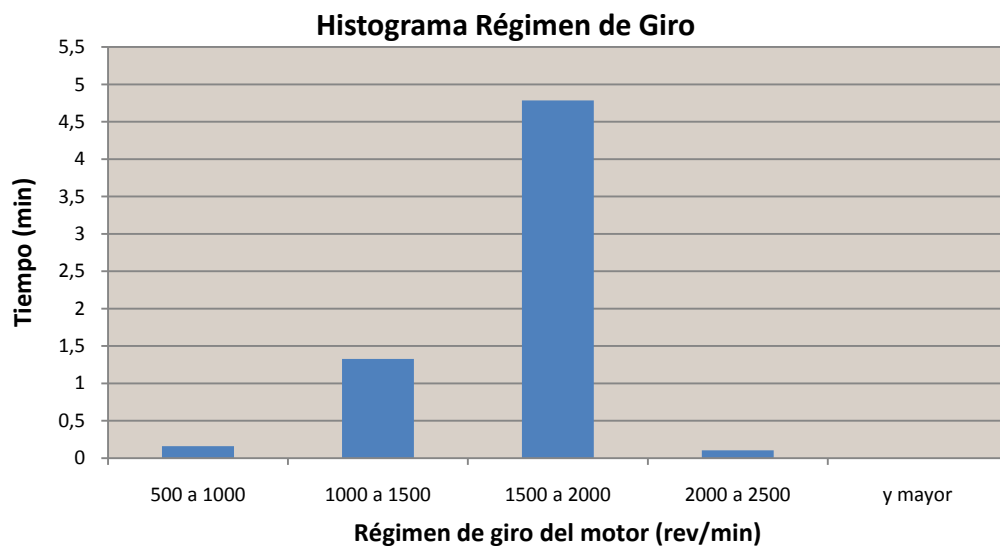
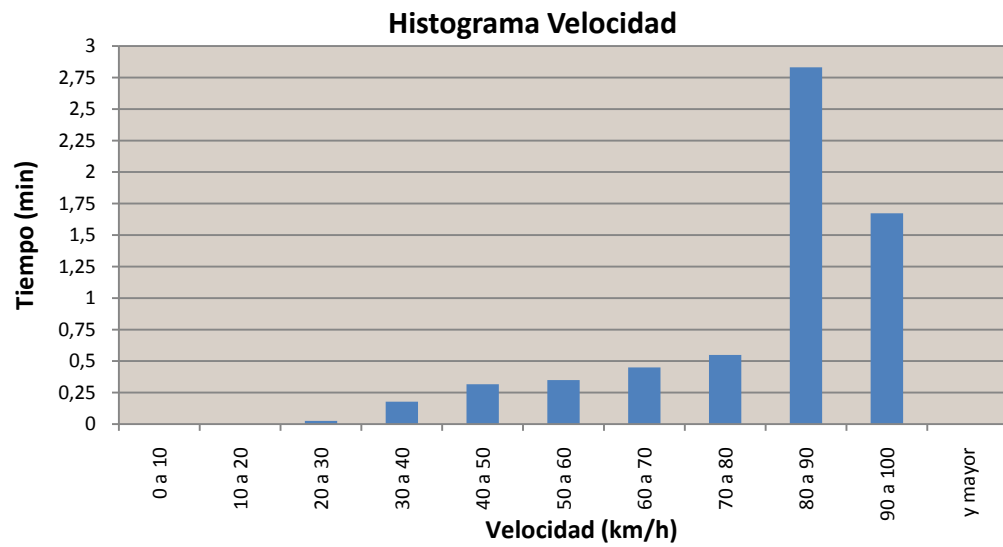


Figura 79. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 3: Circuito Carretera.

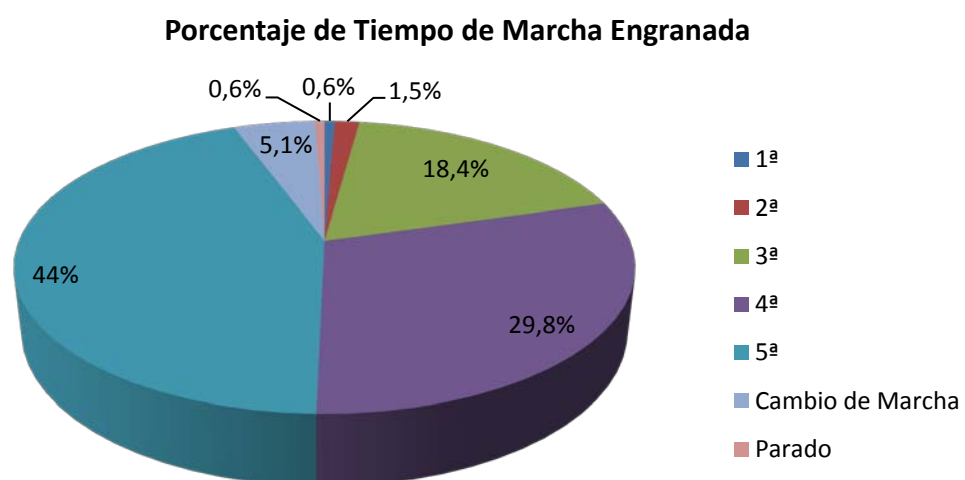
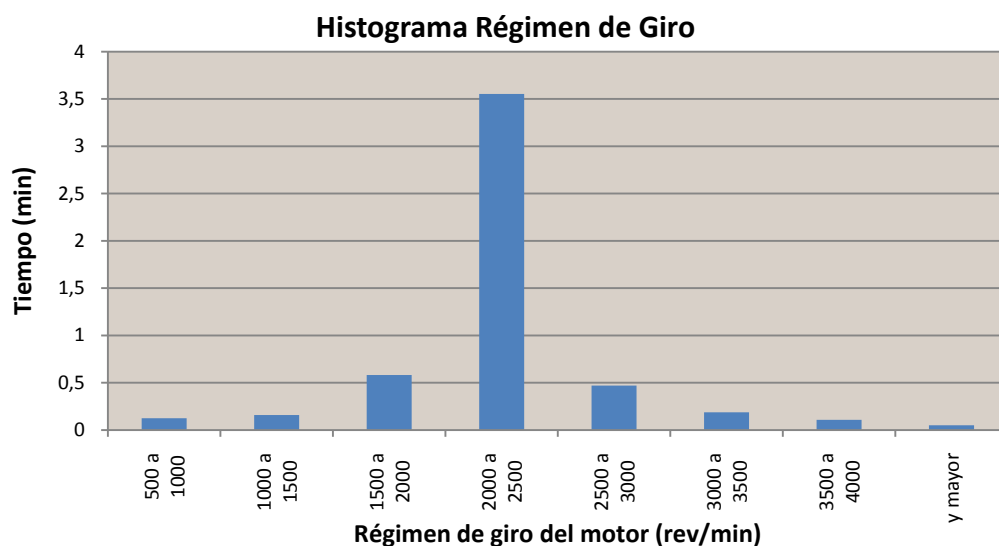
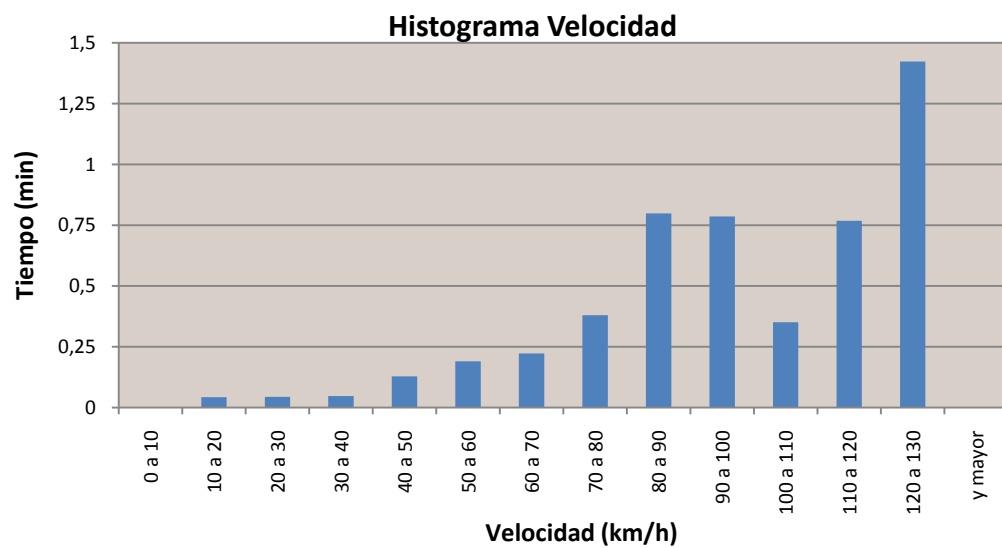


Figura 80. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 4: Circuito Carretera.

Volkswagen Golf Diésel - Conductor 5: Circuito Carretera.

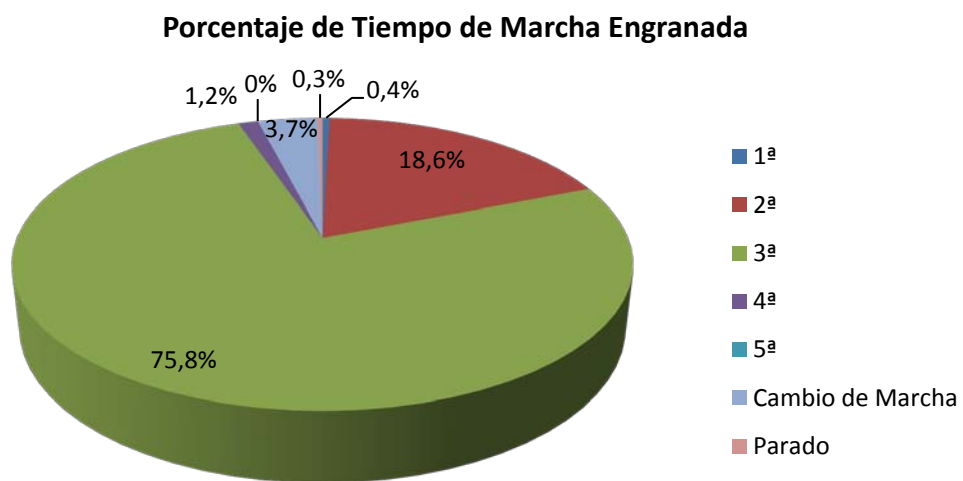
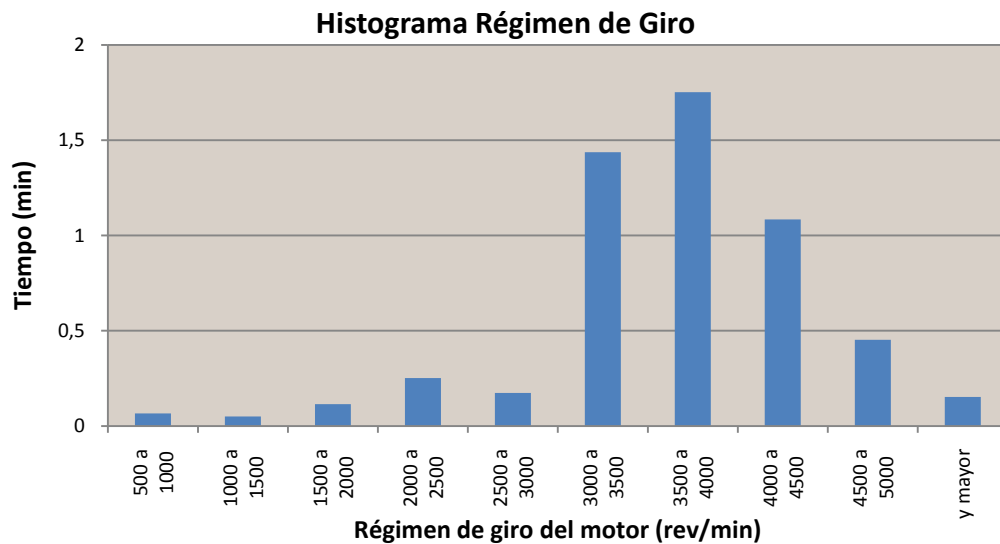
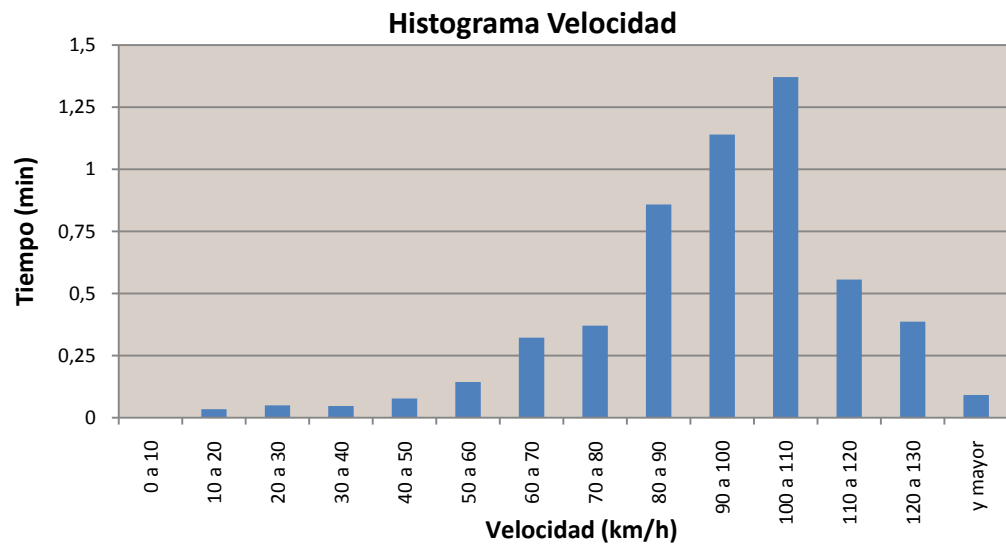


Figura 81. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 5: Circuito Carretera.

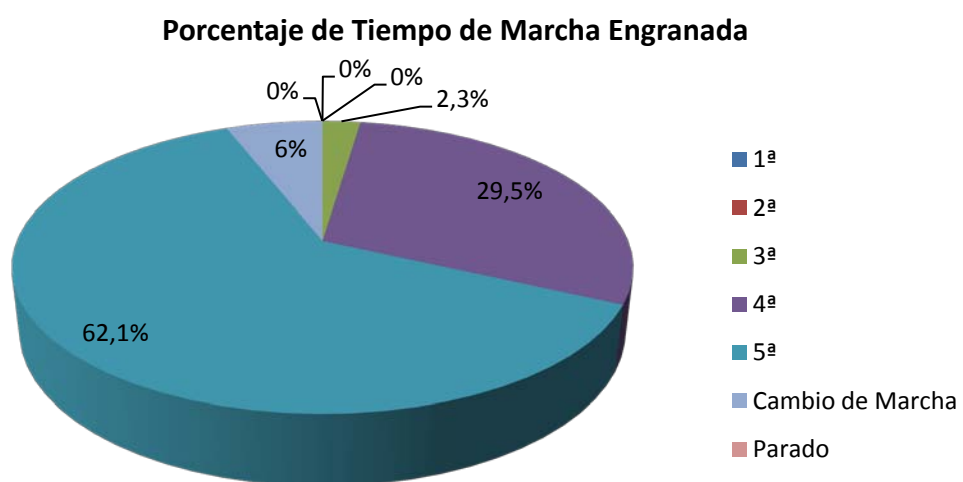
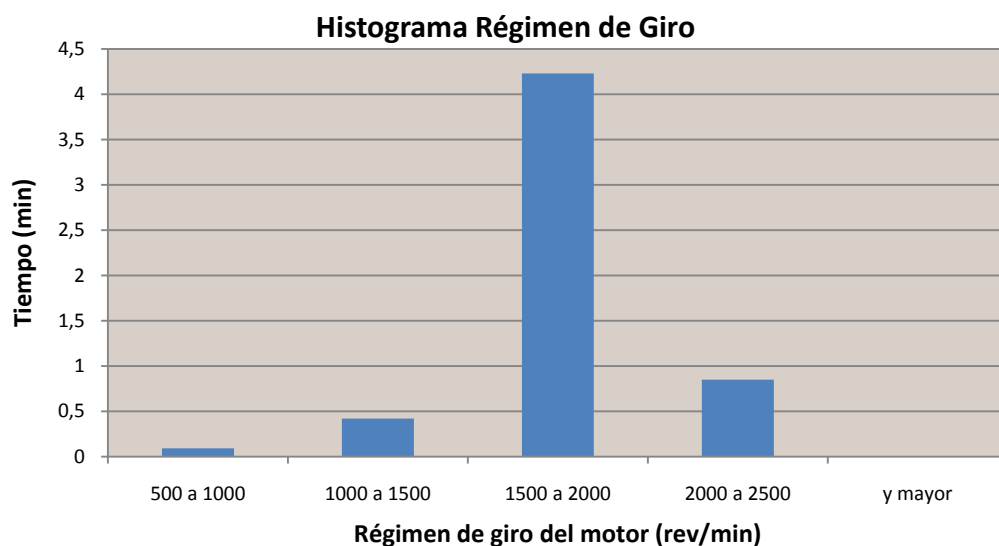
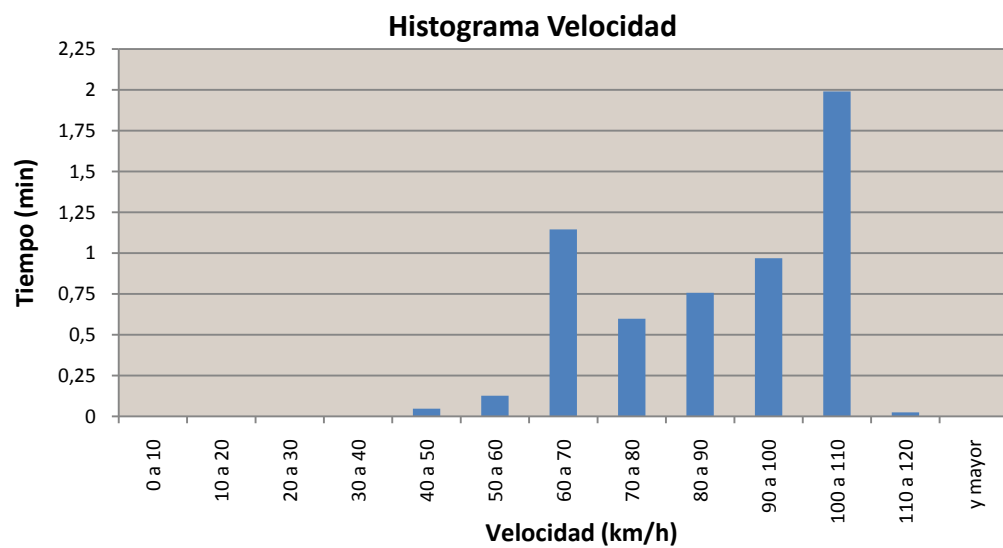


Figura 82. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 6: Circuito Carretera.

Volkswagen Golf Diésel - Conductor 1: Circuito Urbano.

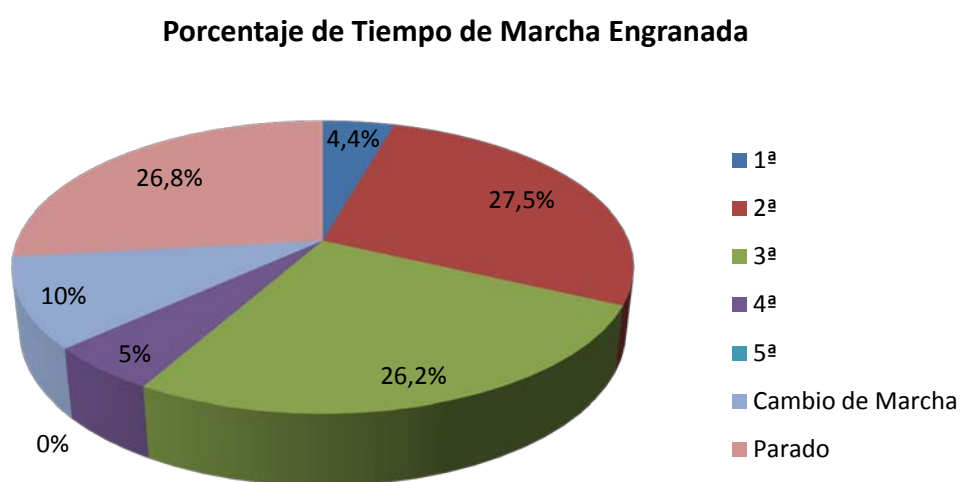
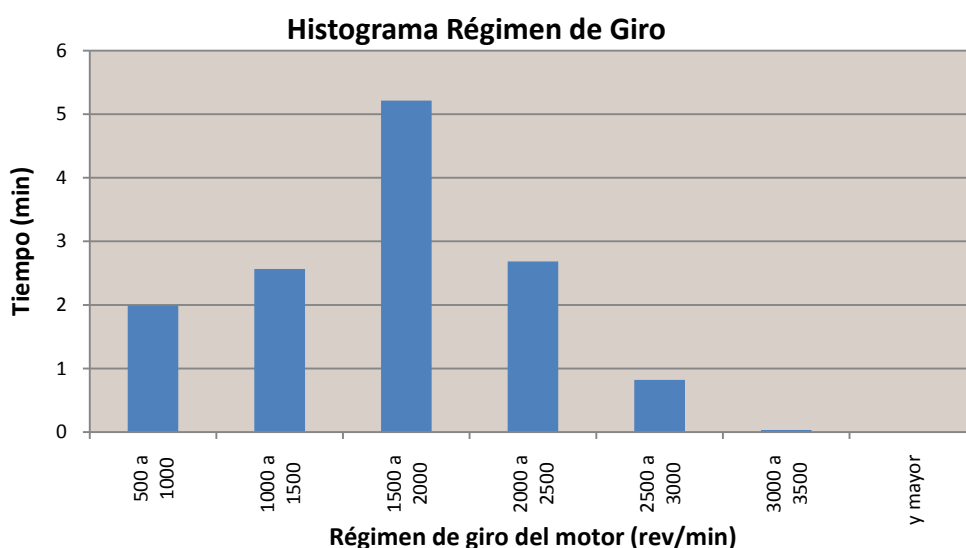
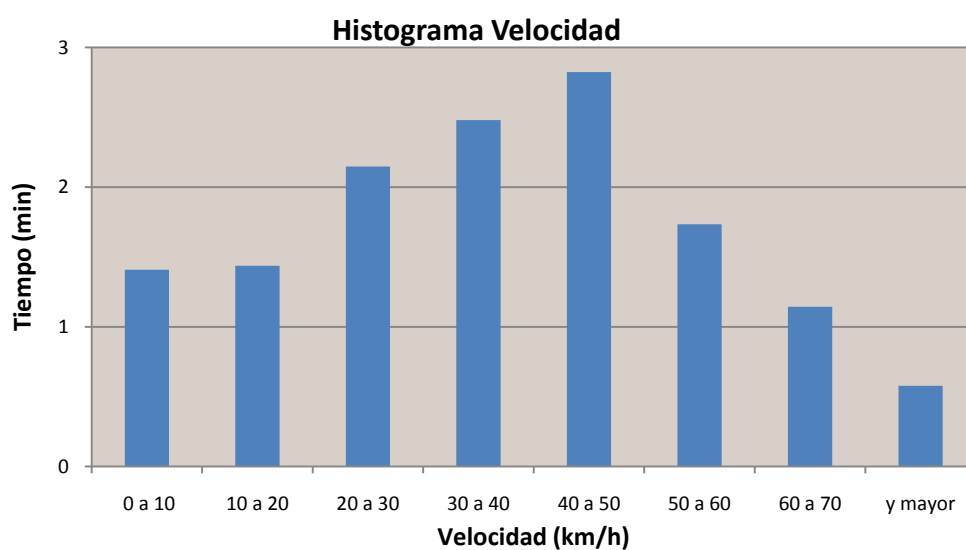


Figura 83. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 1: Circuito Urbano.

Volkswagen Golf Diésel - Conductor 2: Circuito Urbano.

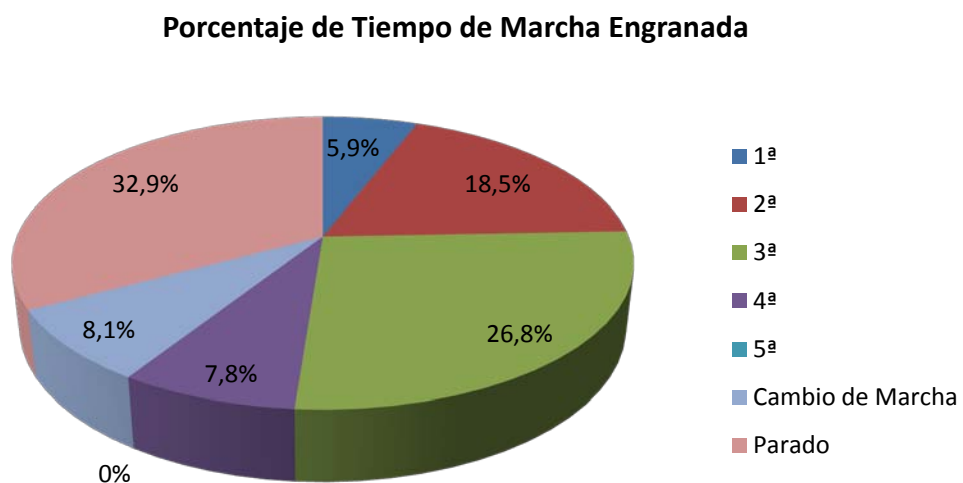
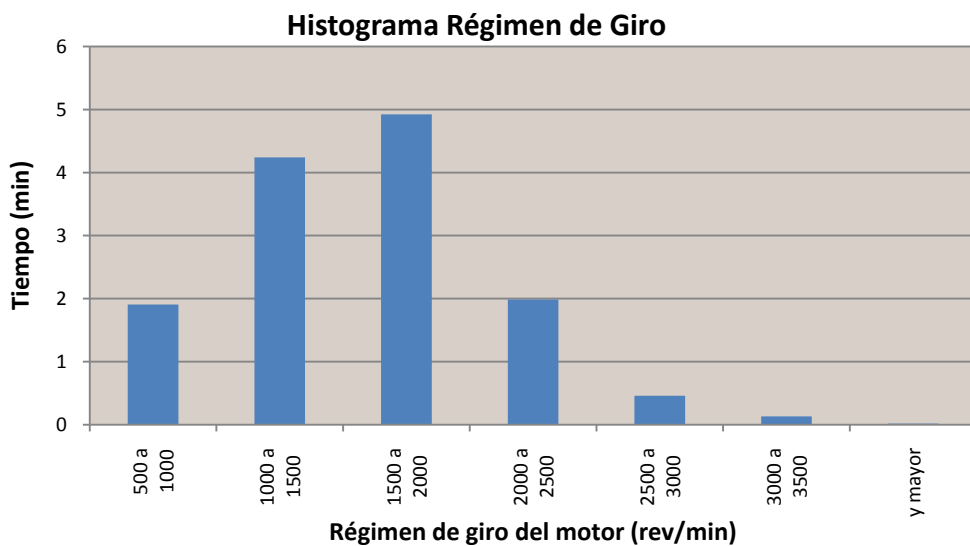
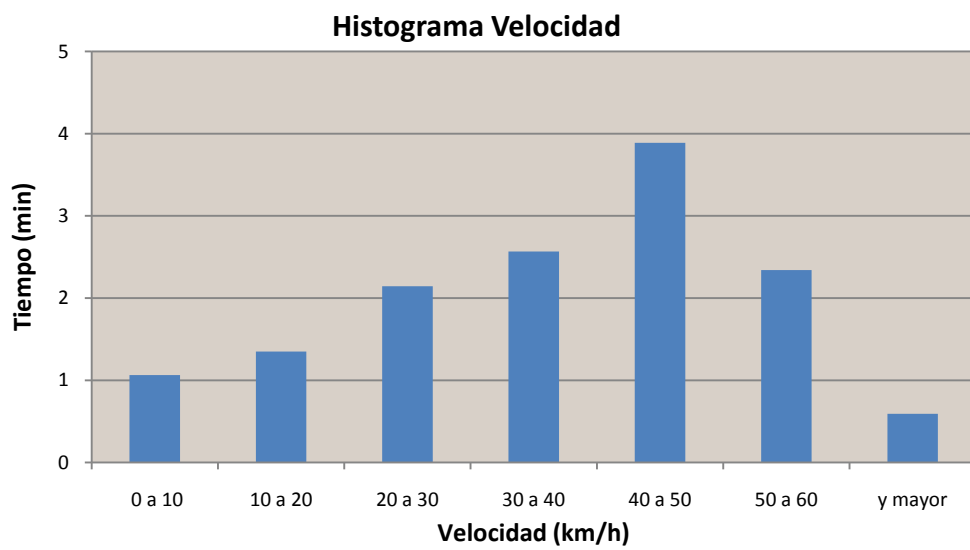


Figura 84. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 2: Circuito Urbano.

Volkswagen Golf Diésel - Conductor 3: Circuito Urbano.

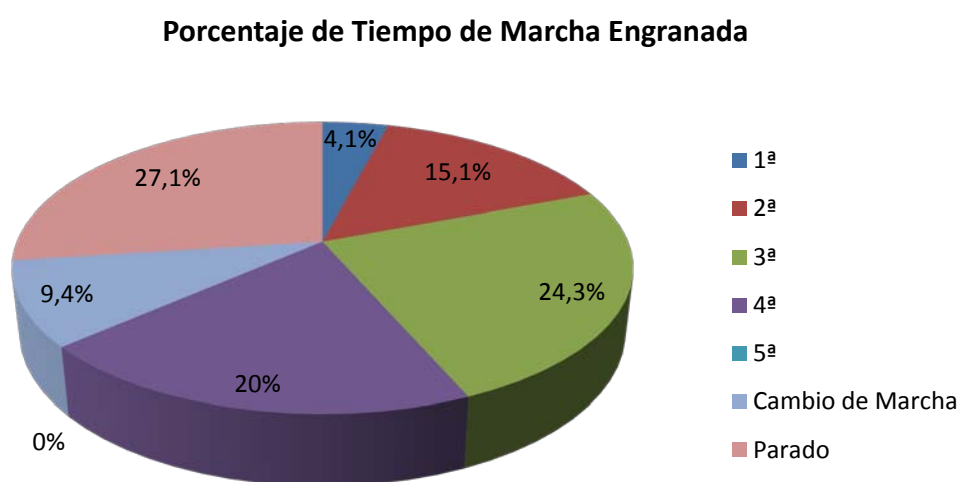
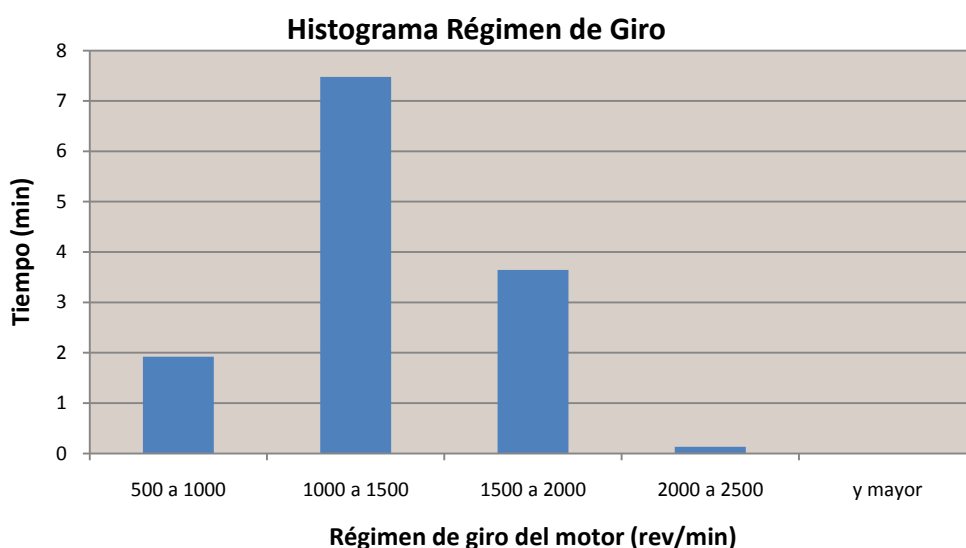
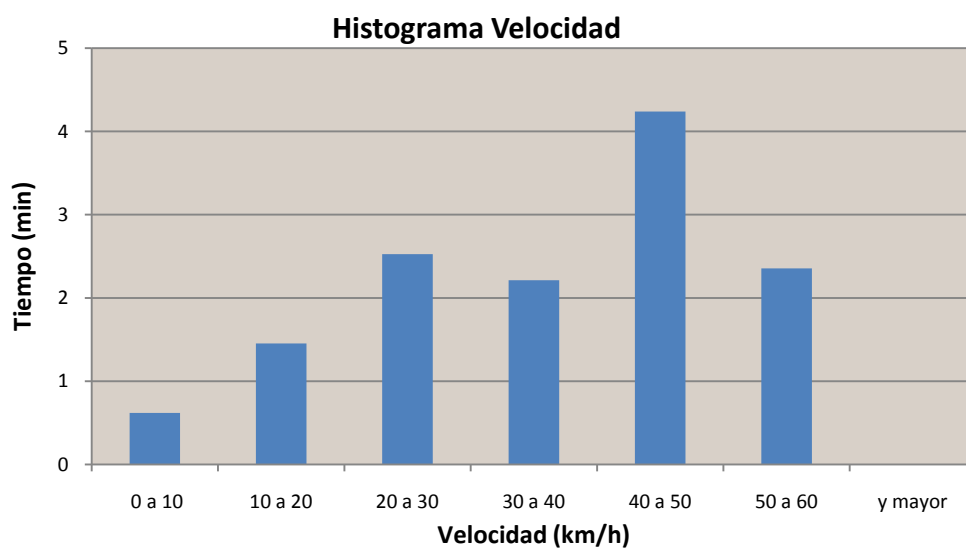


Figura 85. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 3: Circuito Urbano.

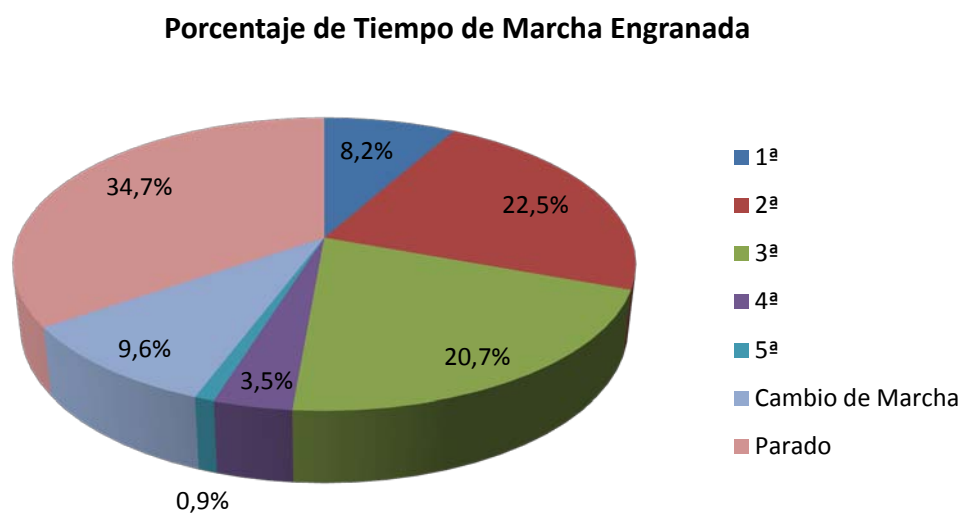
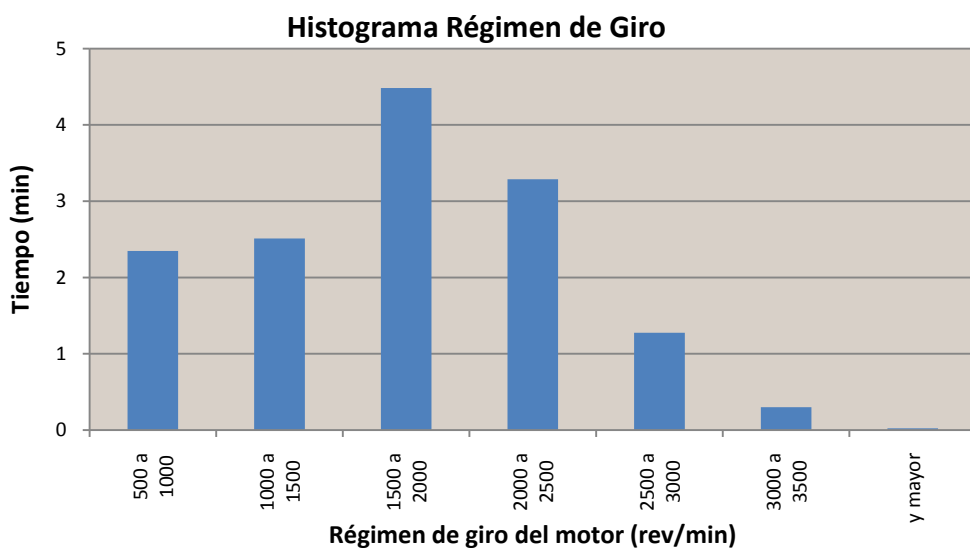
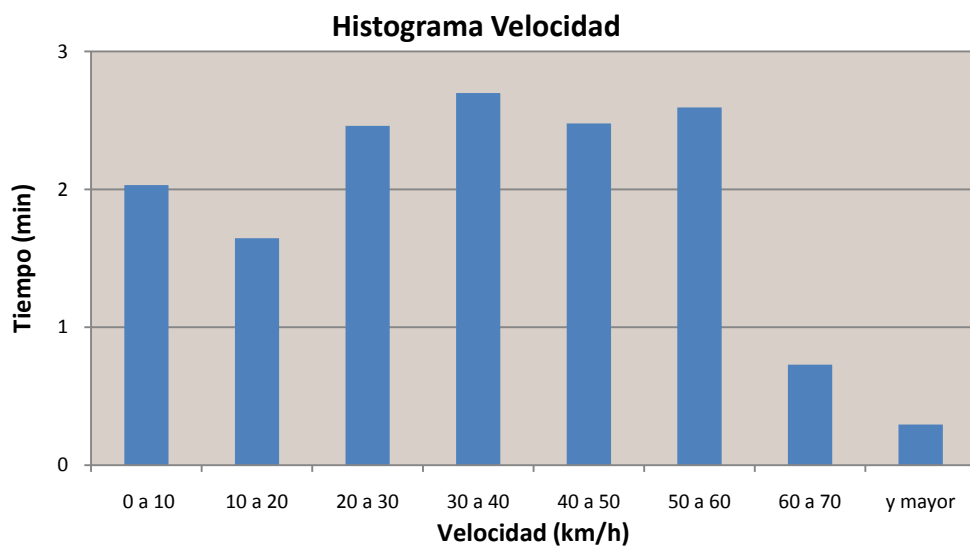


Figura 86. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 4: Circuito Urbano.

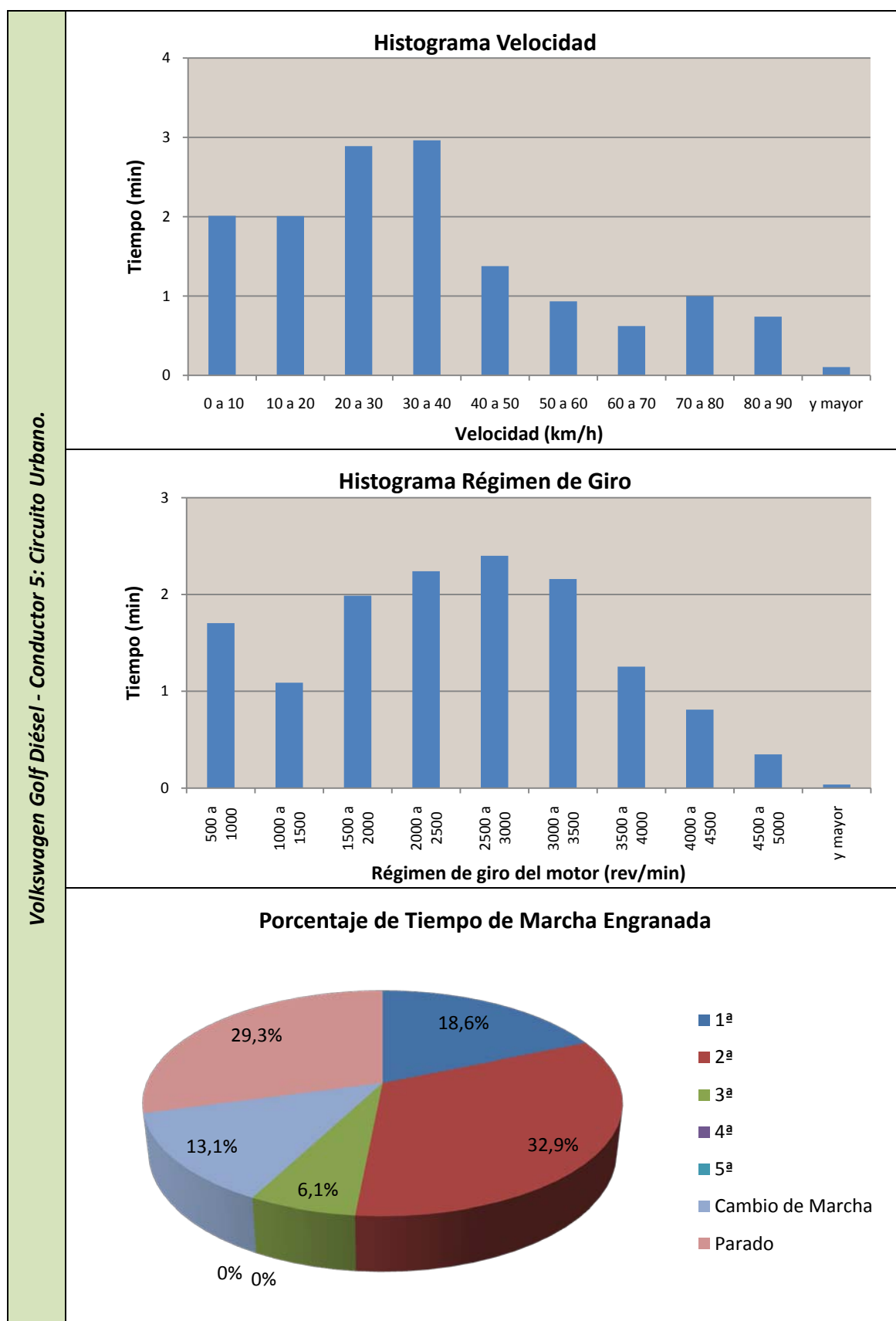


Figura 87. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 5: Circuito Urbano.

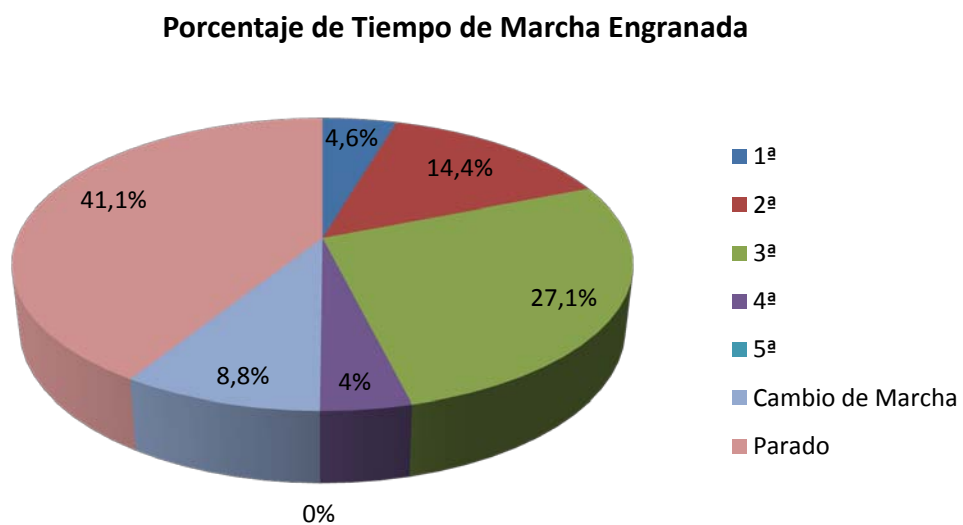
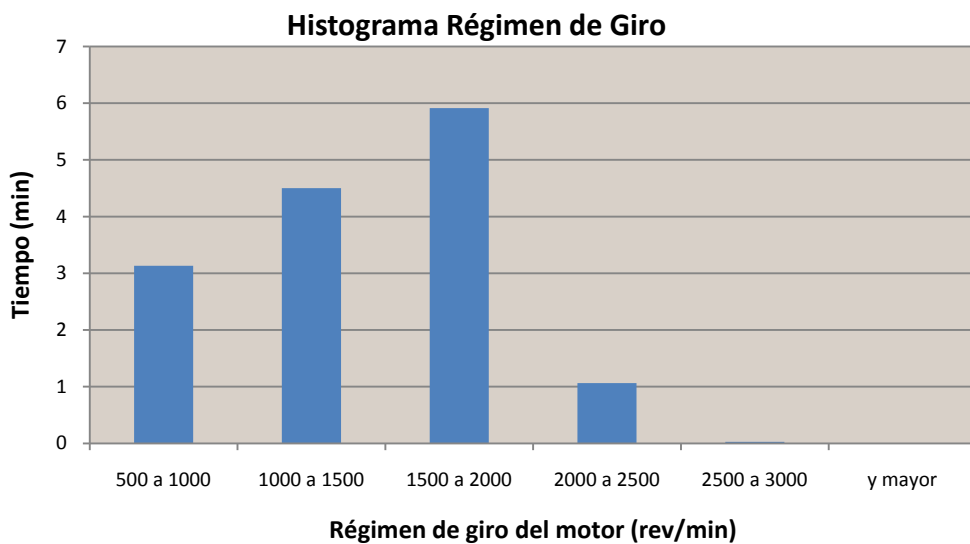
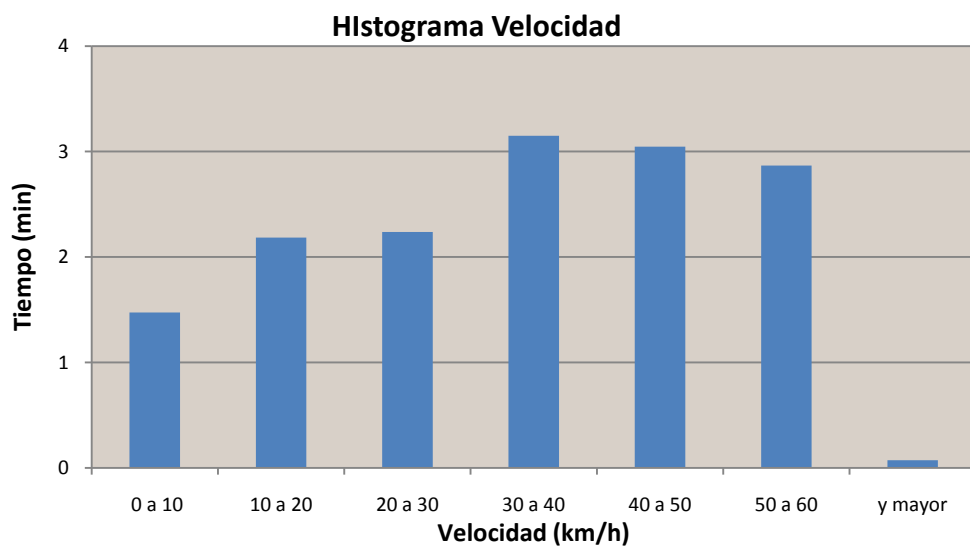


Figura 88. Datos Procesados Volkswagen Golf Diésel - Conductor 6: Circuito Urbano.

*PROPUESTA DE ENSAYO PARA HOMOLOGAR
EL RUIDO EMITIDO POR UN VEHÍCULO AUTOMÓVIL*

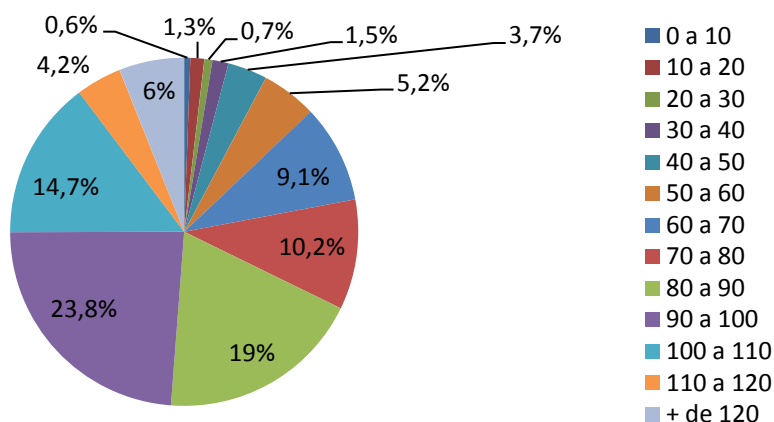
Circuito Carretera	Conductor/a		Conductor 1	Conductor 2	Conductor 3	Conductor 4	Conductor 5	Conductor 6
	Vmedia (km/h)		71,51	82,73	80,31	98,10	93,98	87,79
	Vmáx. (km/h)		103,32	106,26	98,80	129,34	136,06	110,36
	Desv. Est. (km/h)		25,66	21,23	15,46	24,91	20,86	16,58
	Máx. Histograma Vel. (min)		1,48	2,64	2,83	1,42	1,37	1,99
	Máx. Histograma Rev. (min)		4,45	4,73	4,79	3,55	1,75	4,23
	Tiempo Parado (min)		0,24	0,09	0	0,03	0,02	0
	Tiempo Mov. (min)		7,15	6,17	6,37	5,18	5,45	5,66
	Distancia (m)		8524,74	8504,39	8529,09	8472,32	8536,95	8281,71
	Porcentaje de Tiempo	En 1ª	2,1%	1,4%	0%	0,6%	0,4%	0%
		En 2ª	8,3%	1,2%	1,7%	1,5%	18,6%	0%
		En 3ª	20,5%	7,7%	7,3%	18,4%	75,8%	2,3%
		En 4ª	30,5%	20,6%	9,3%	29,8%	1,2%	29,5%
		En 5ª	29,8%	60,9%	77,7%	44%	0%	62,1%
		Cambio Marcha	5,6%	6,9%	3,9%	5,1%	4%	6%
		Parado	3,3%	1,4%	0%	0,6%	0,3%	0%

Tabla 21. Resumen Datos Procesados en el Circuito Carretera del Volkswagen Golf Diésel.

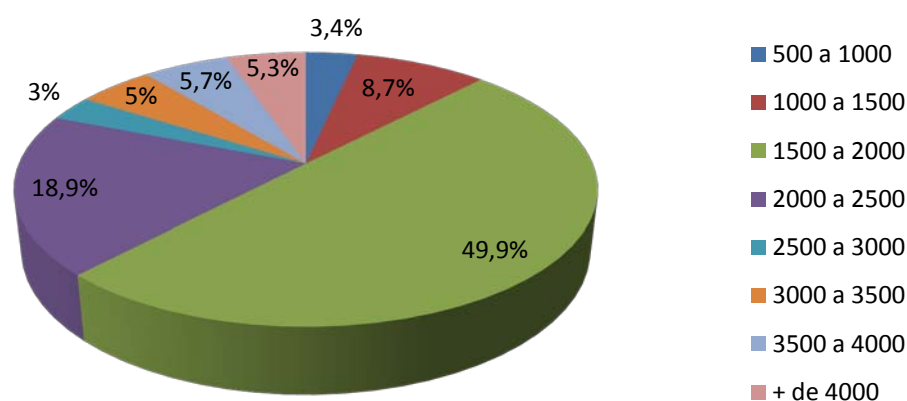
Circuito Urbano	Conductor/a		Conductor 1	Conductor 2	Conductor 3	Conductor 4	Conductor 5	Conductor 6
	Vmedia (km/h)		38,28	37,41	36,22	35,80	36,38	34,34
	Vmáx. (km/h)		82,80	69,19	58,50	75,50	92,84	61,39
	Desv. Est. (km/h)		18,24	15,34	14,27	17,57	22,56	15,66
	Máx. Histograma Vel. (min)		2,82	3,89	4,24	2,70	2,96	3,15
	Máx. Histograma Rev. (min)		5,21	4,92	7,48	4,48	2,40	5,91
	Tiempo Parado (min)		4,86	6,71	4,98	7,55	5,80	10,20
	Tiempo Mov. (min)		13,32	13,66	13,41	14,26	14,09	14,69
	Distancia (m)		8494,19	8515,25	8093,21	8510,34	8541,90	8405,78
	Porcentaje de Tiempo	En 1ª	4,4%	5,9%	4,1%	8,2%	18,6%	4,6%
		En 2ª	27,5%	18,5%	15,1%	22,5%	32,9%	14,4%
		En 3ª	26,2%	26,8%	24,3%	20,7%	6,1%	27,1%
		En 4ª	5%	7,8%	20%	3,5%	0%	4%
		En 5ª	0%	0%	0%	0,9%	0%	0%
		Cambio Marcha	10%	8,1%	9,4%	9,6%	13,1%	8,8%
		Parado	26,8%	32,9%	27,1%	34,7%	29,3%	41,1%

Tabla 22. Resumen Datos Procesados en el Circuito Urbano del Volkswagen Golf Diésel.

Porcentaje de Tiempo de todos los Conductores/as en cada Rango de Velocidades



Porcentaje de Tiempo de todos los Conductores/as en cada Rango de Revoluciones



Porcentaje de Tiempo de todos los Conductores/as en cada Marcha

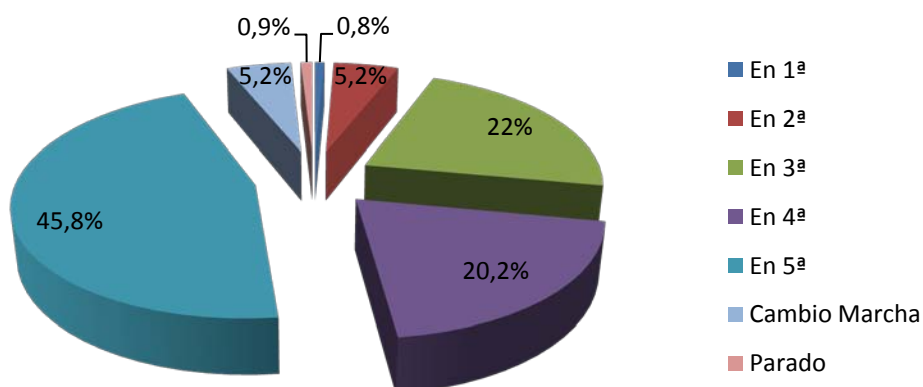


Figura 89. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Volkswagen Golf Diésel en el Circuito Carretera.

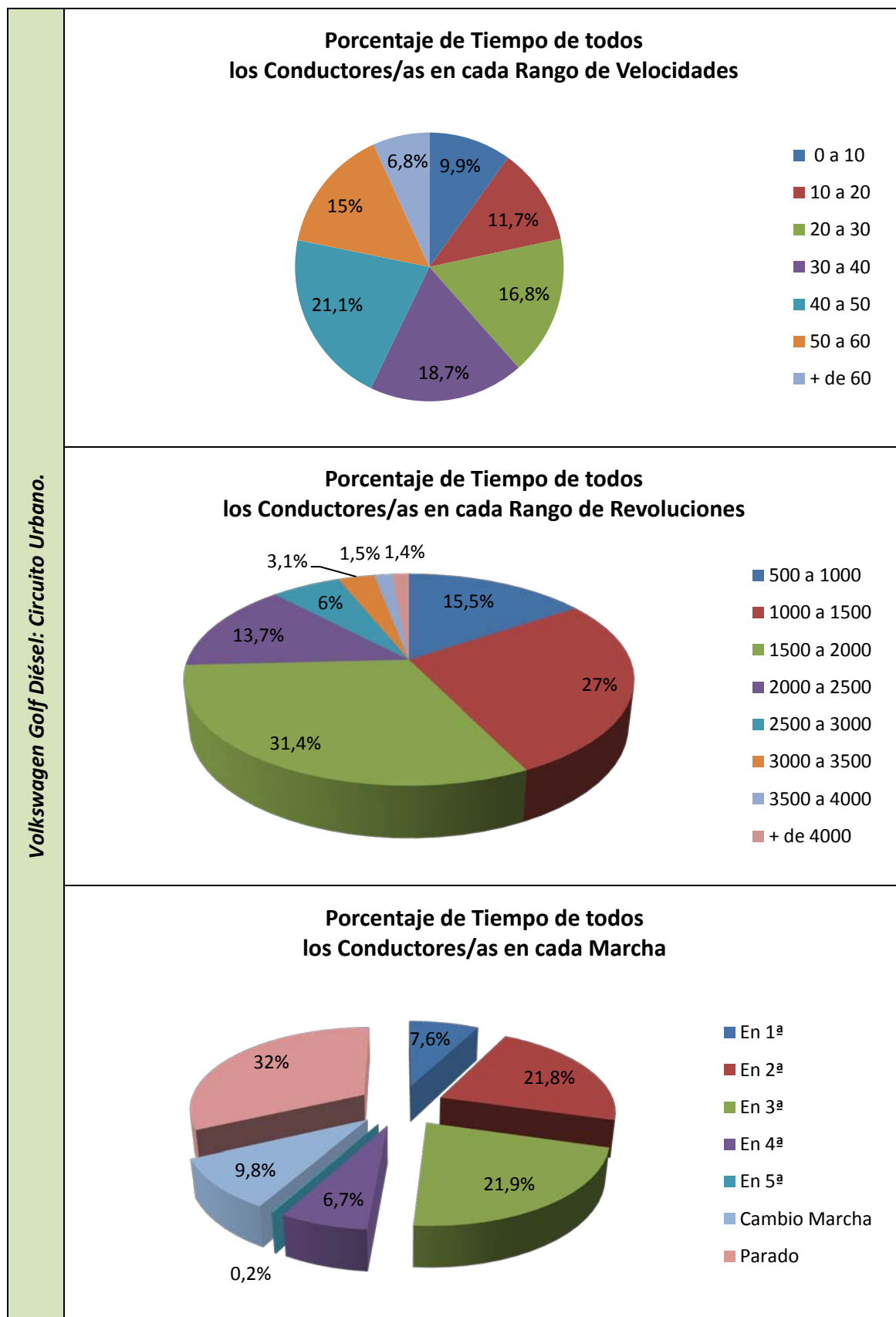


Figura 90. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Volkswagen Golf Diésel en el Circuito Urbano.

12.6. Opel Astra Gasolina

Opel Astra Gasolina - Conductor 1: Circuito Carretera.

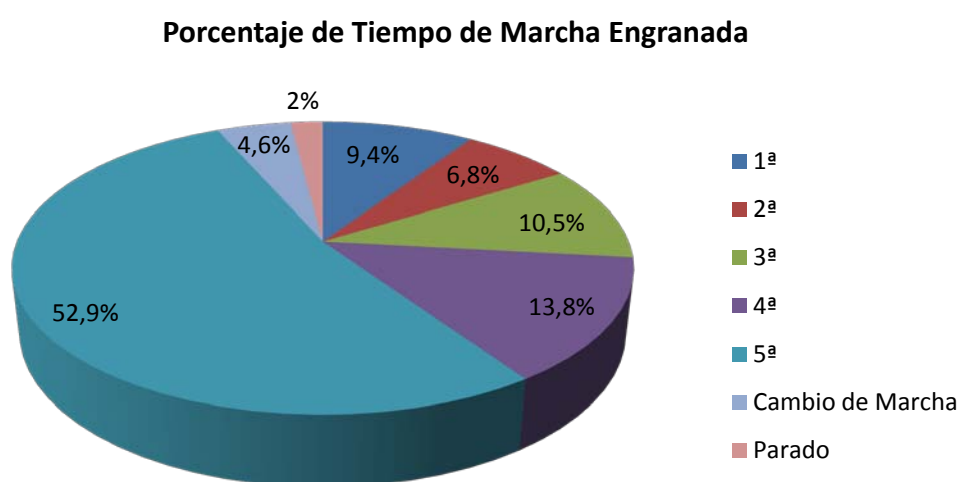
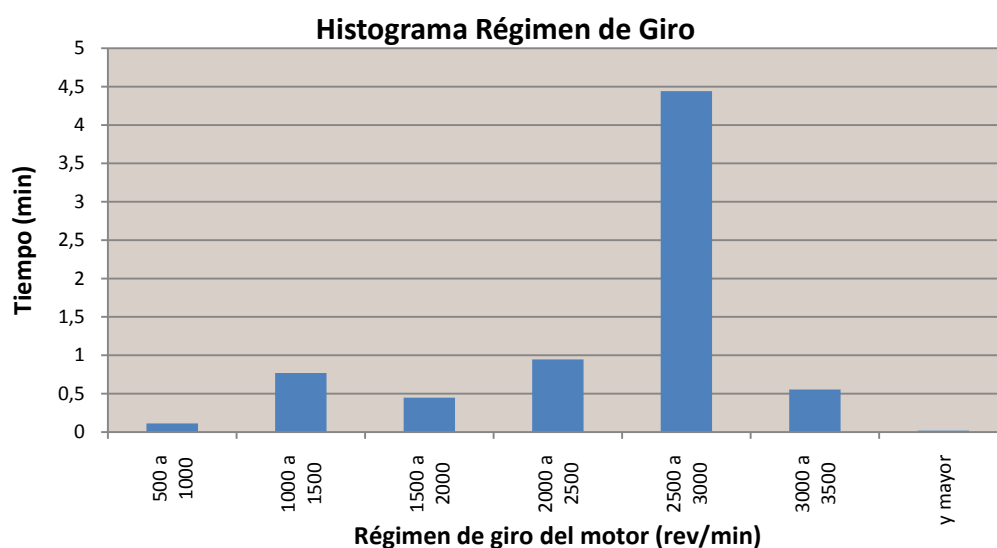
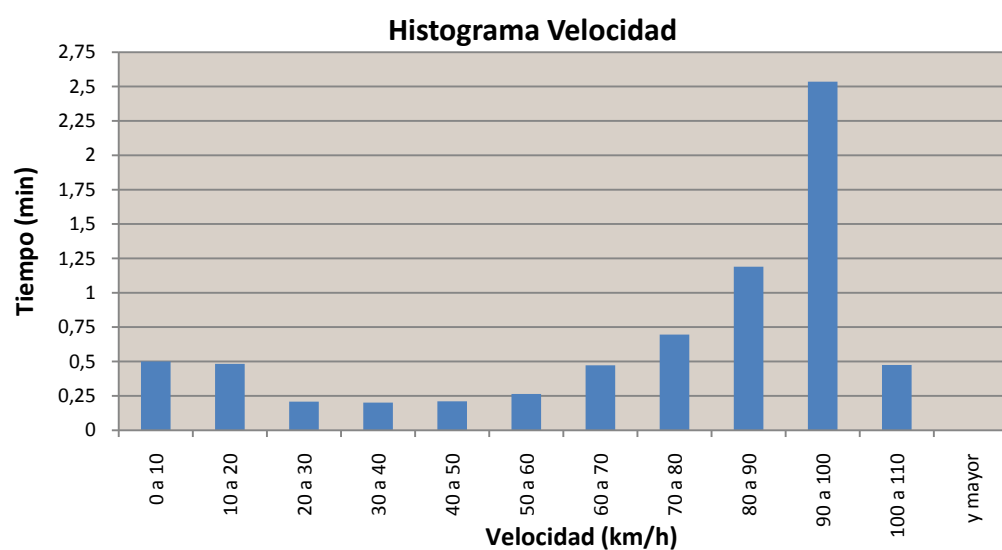


Figura 91. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 1: Circuito Carretera.

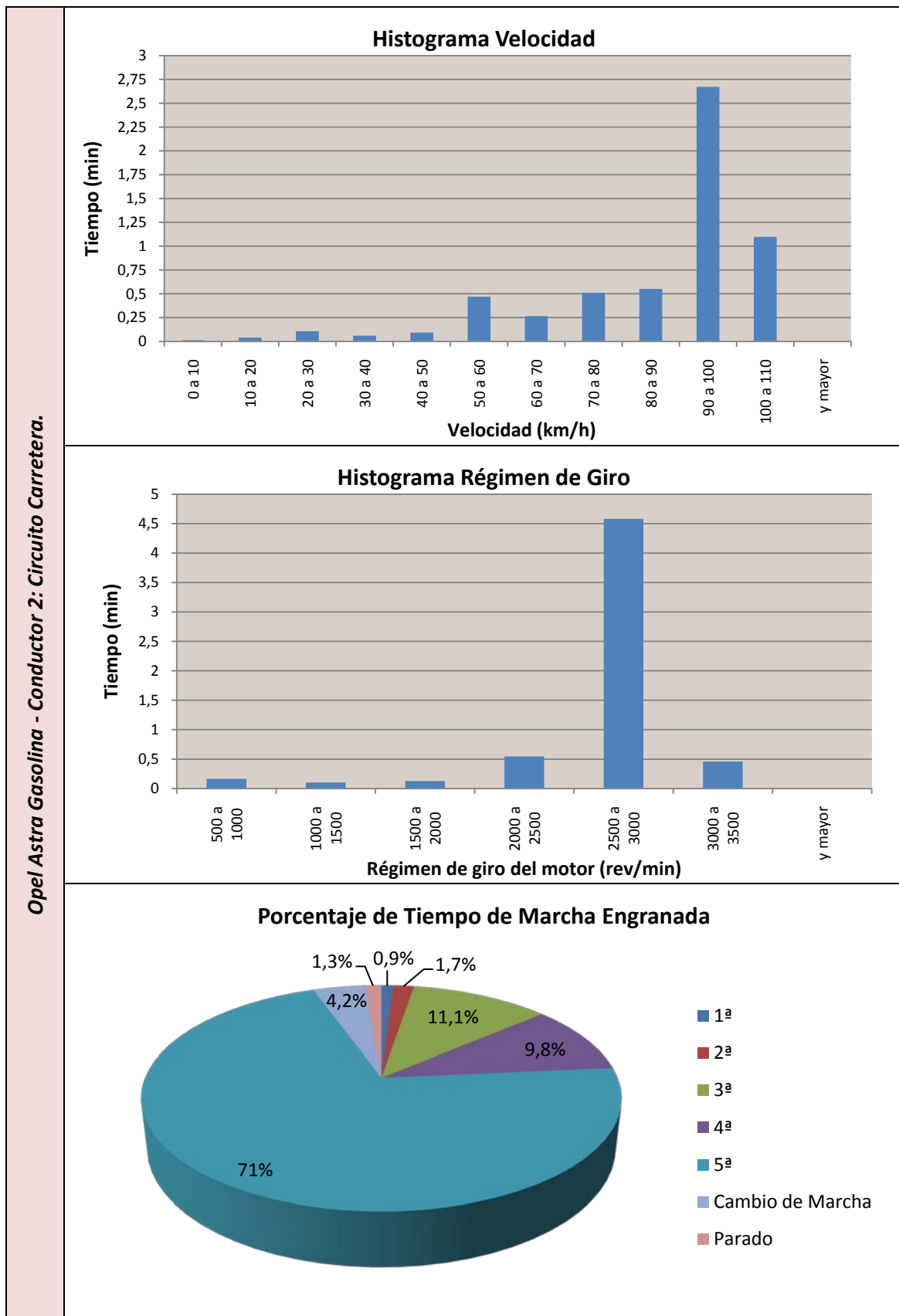


Figura 92. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 2: Circuito Carretera.

Opel Astra Gasolina - Conductor 3: Circuito Carretera.

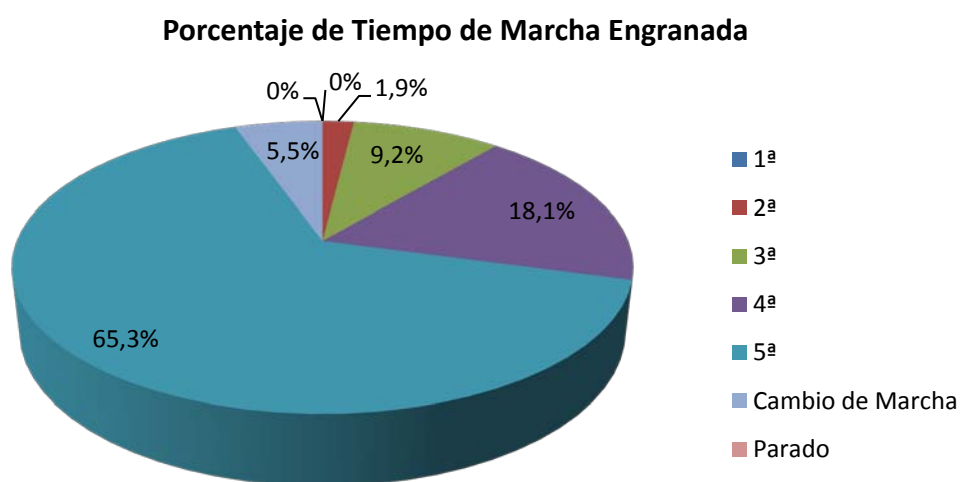
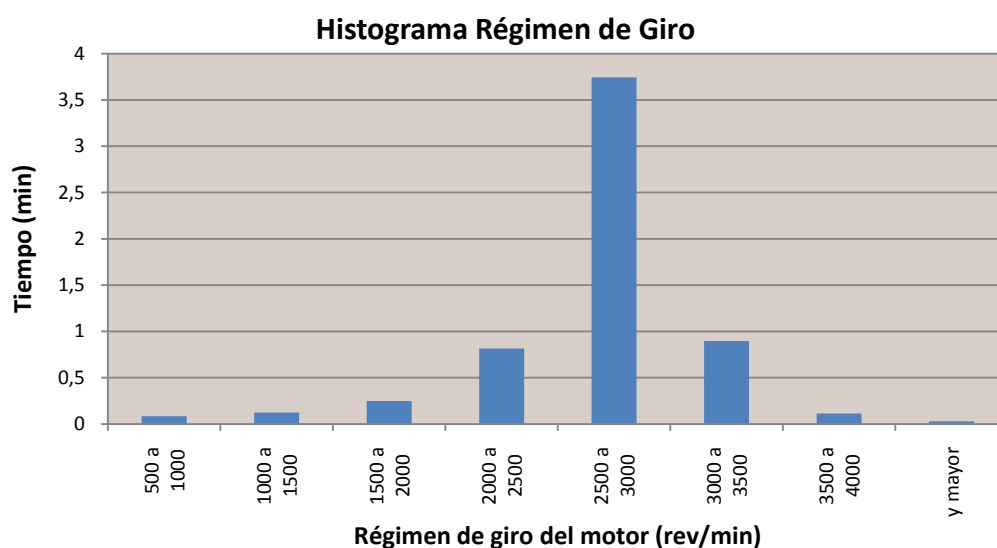
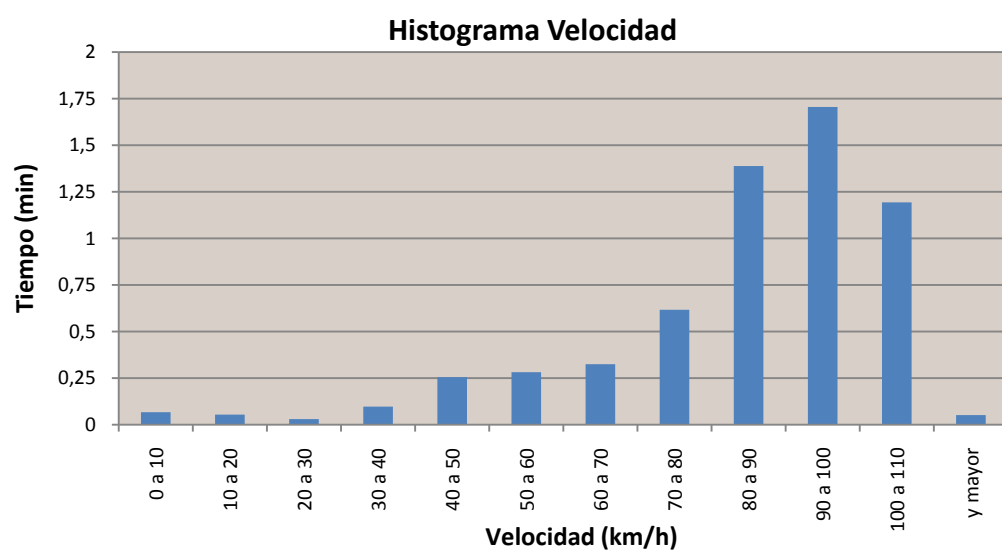


Figura 93. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 3: Circuito Carretera.

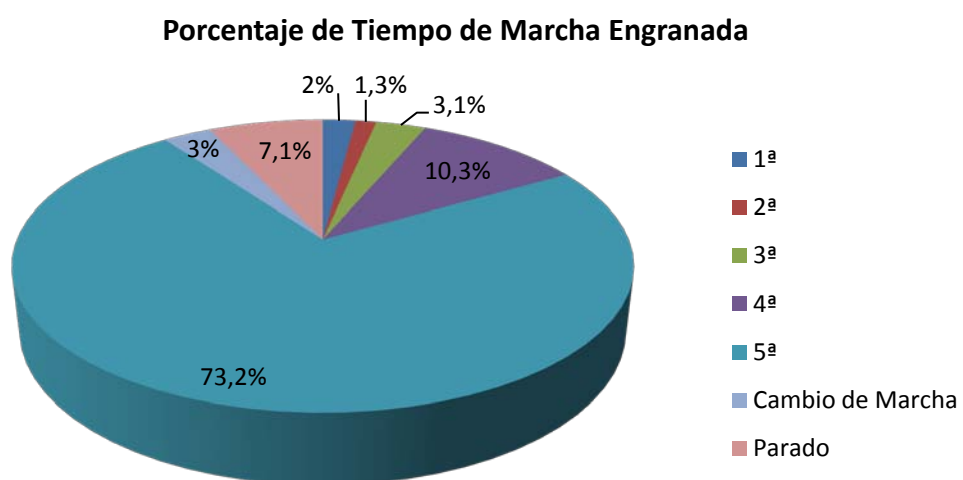
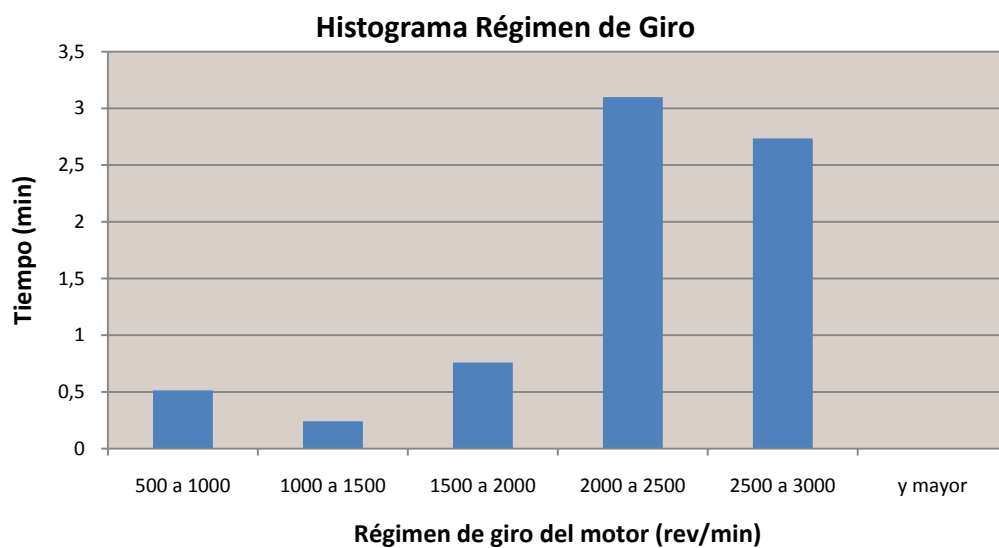
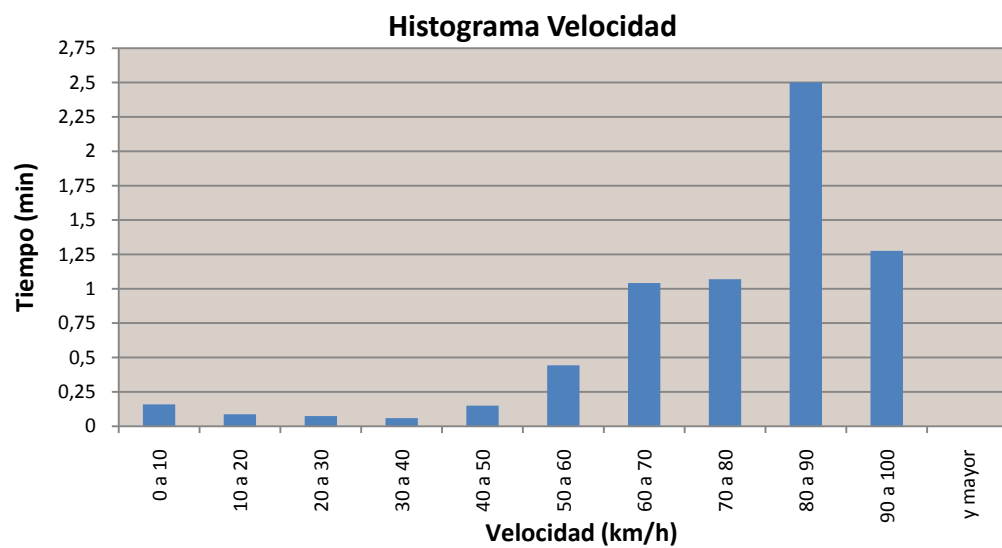


Figura 94. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 4: Circuito Carretera.

Opel Astra Gasolina - Conductor 5: Circuito Carretera.

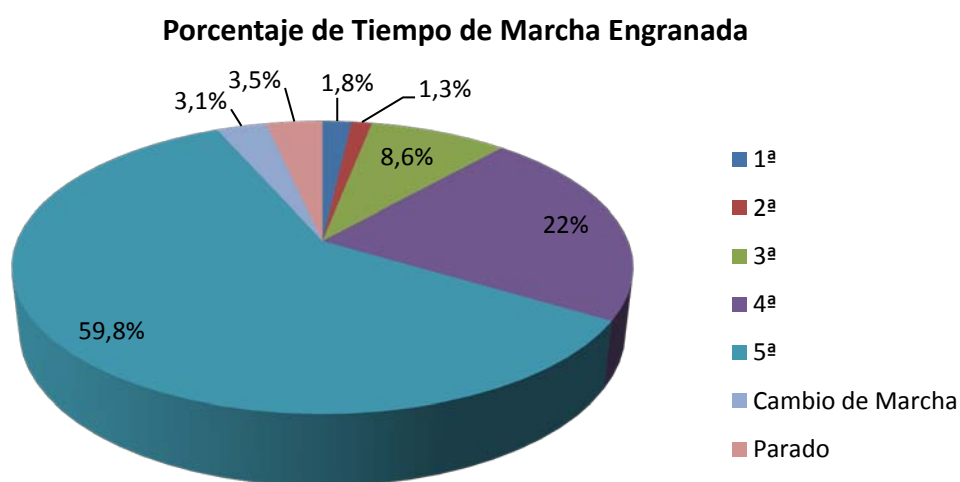
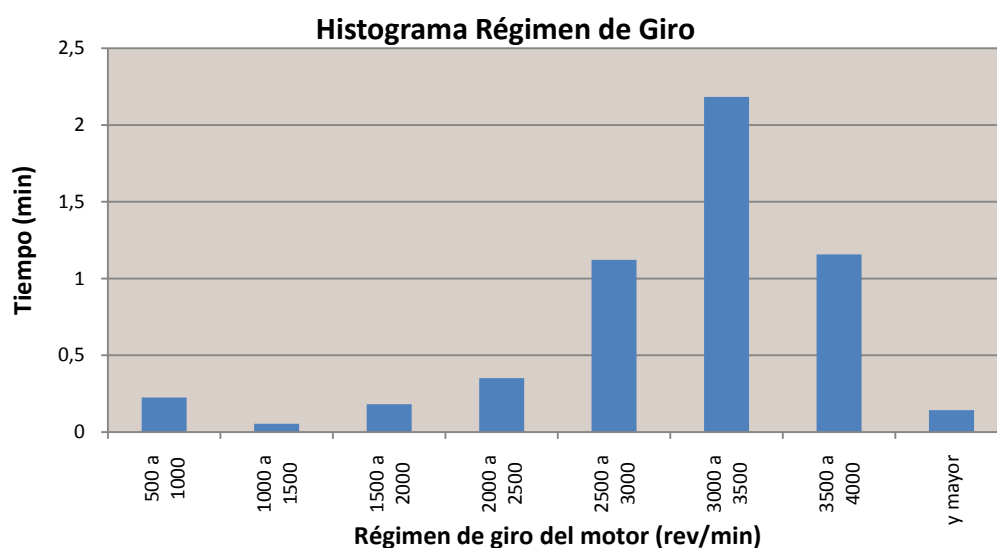
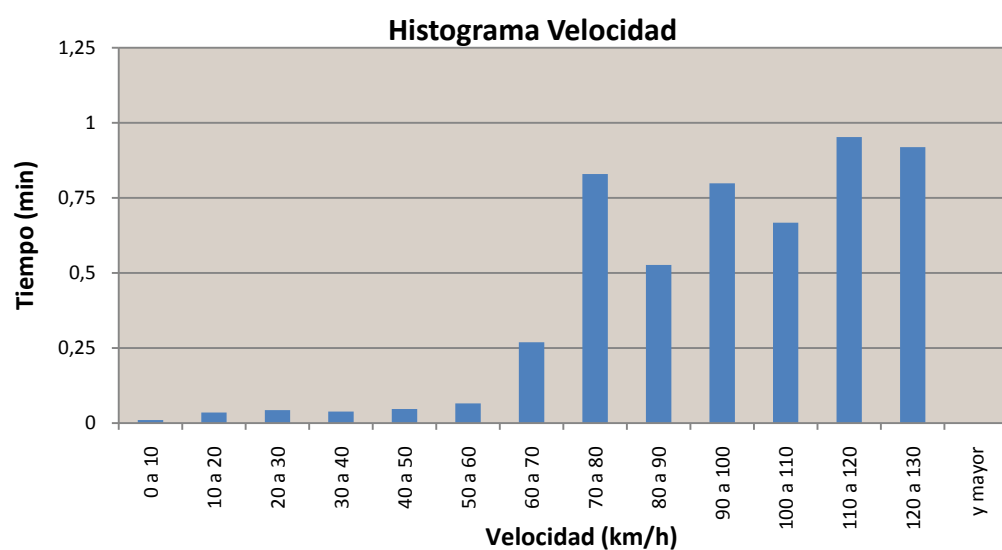


Figura 95. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 5: Circuito Carretera.

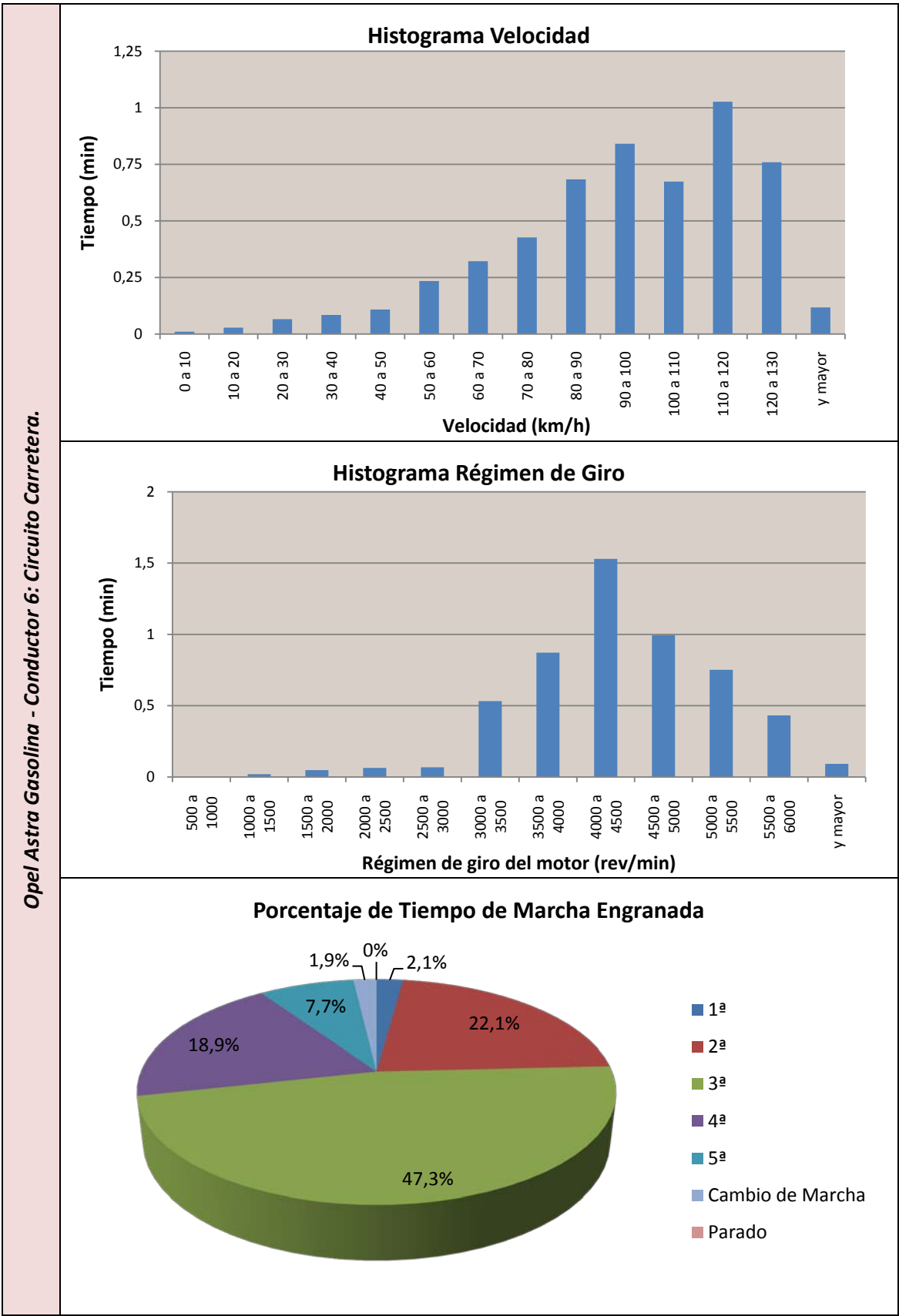


Figura 96. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 6: Circuito Carretera.

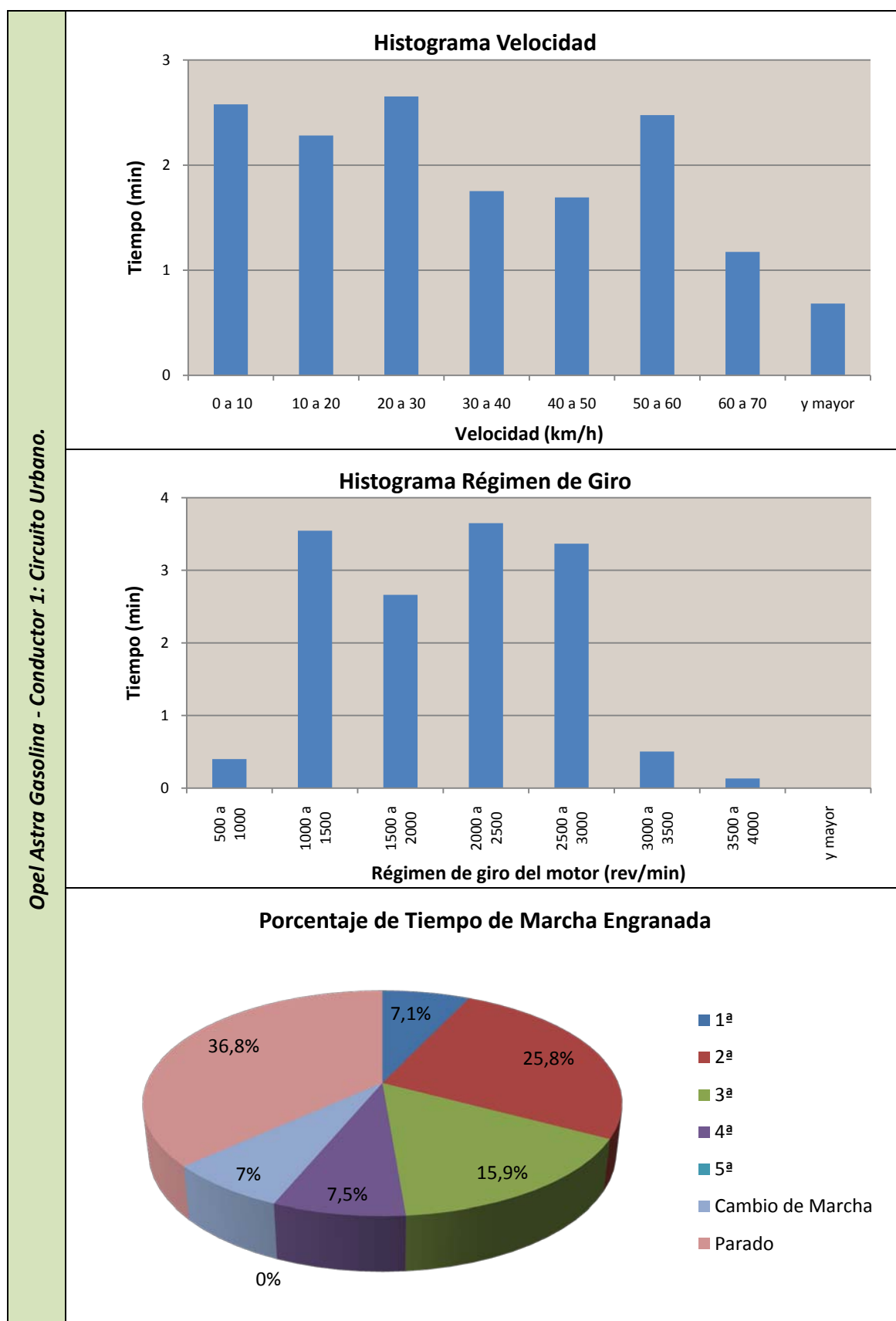


Figura 97. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 1: Circuito Urbano.

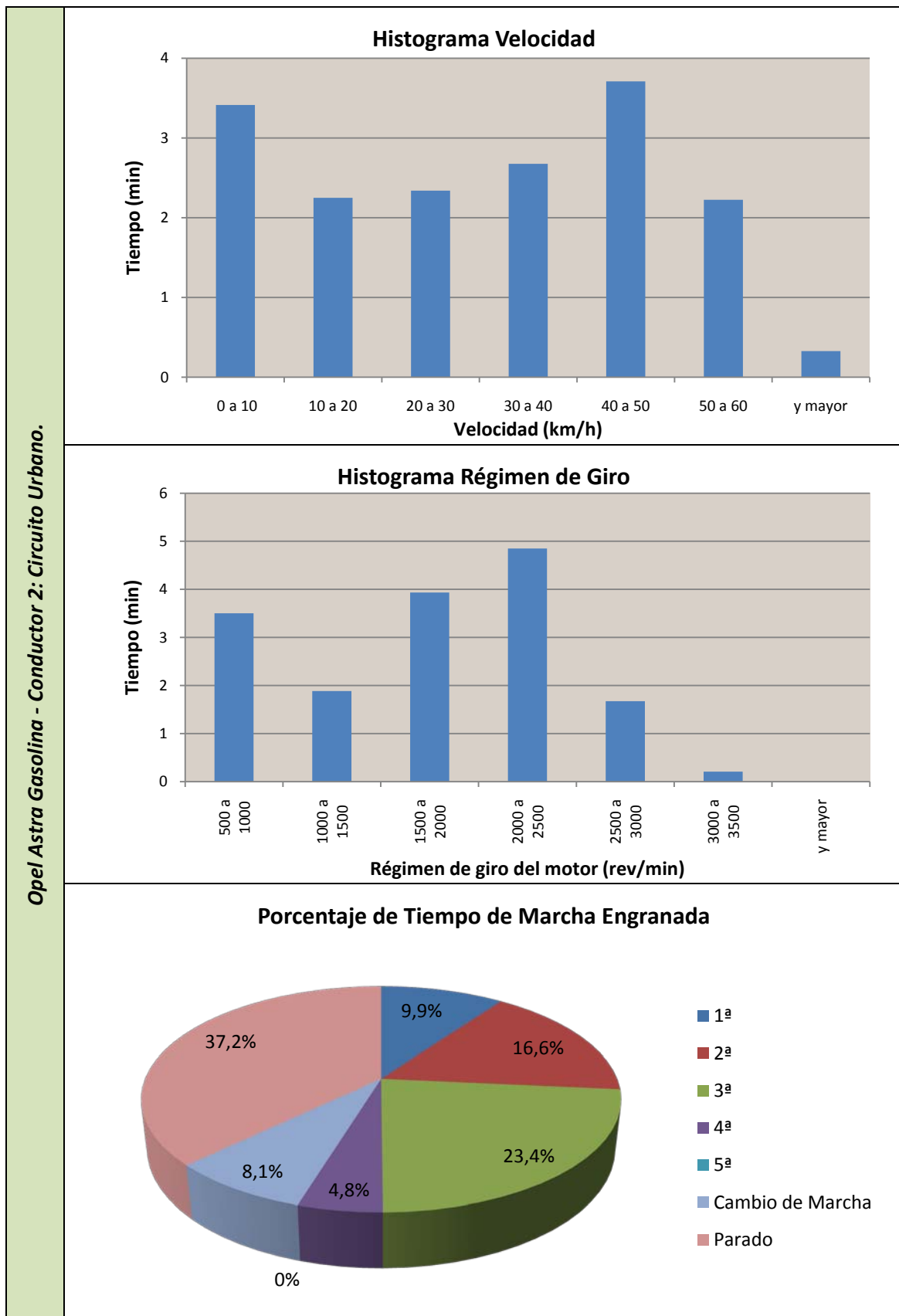


Figura 98. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 2: Circuito Urbano.

Opel Astra Gasolina - Conductor 3: Circuito Urbano.

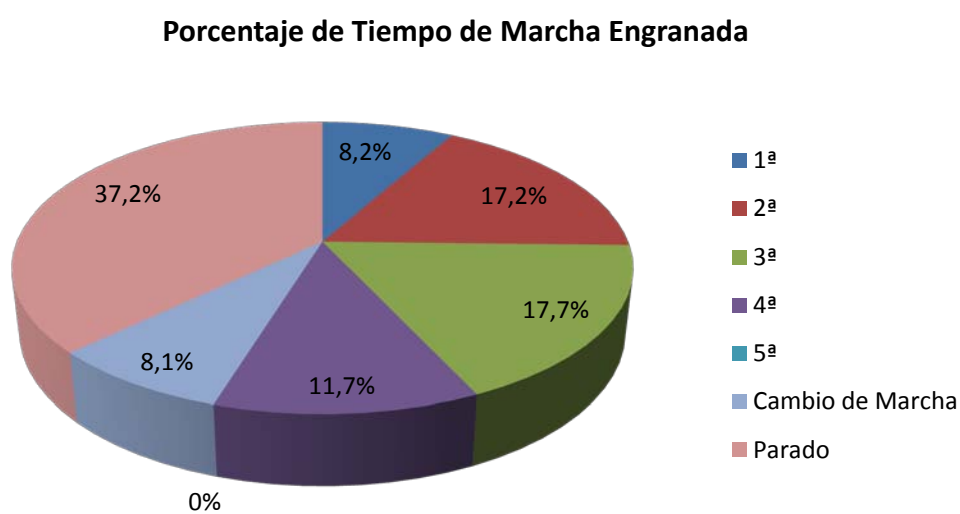
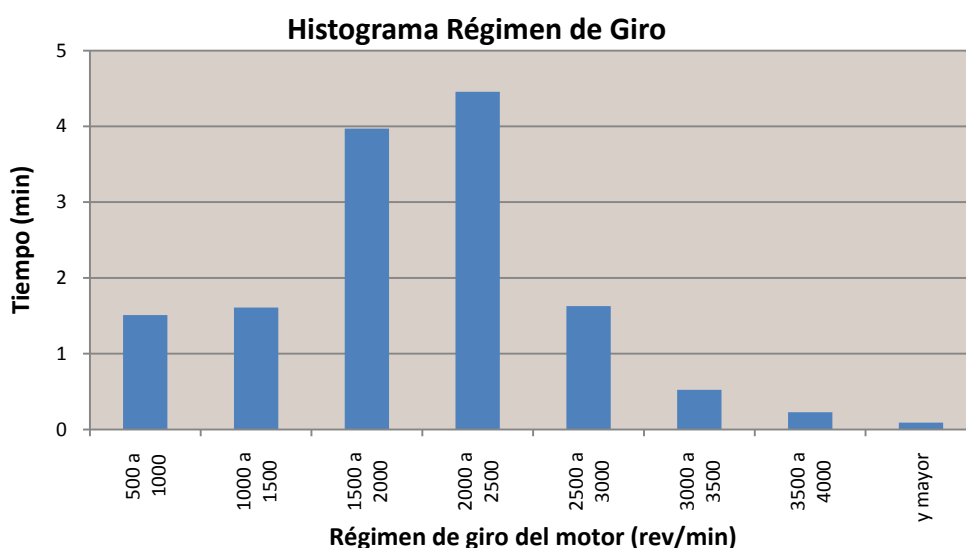
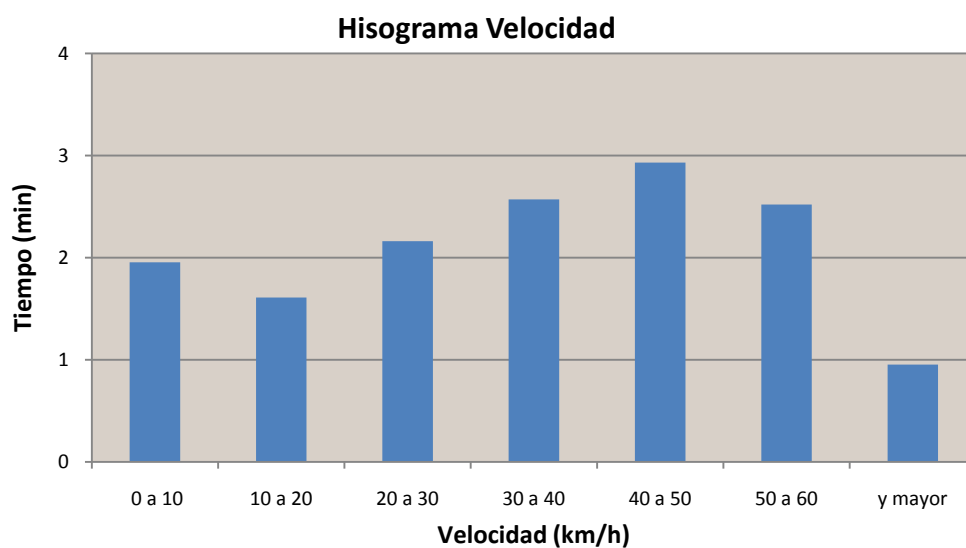


Figura 99. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 3: Circuito Urbano.

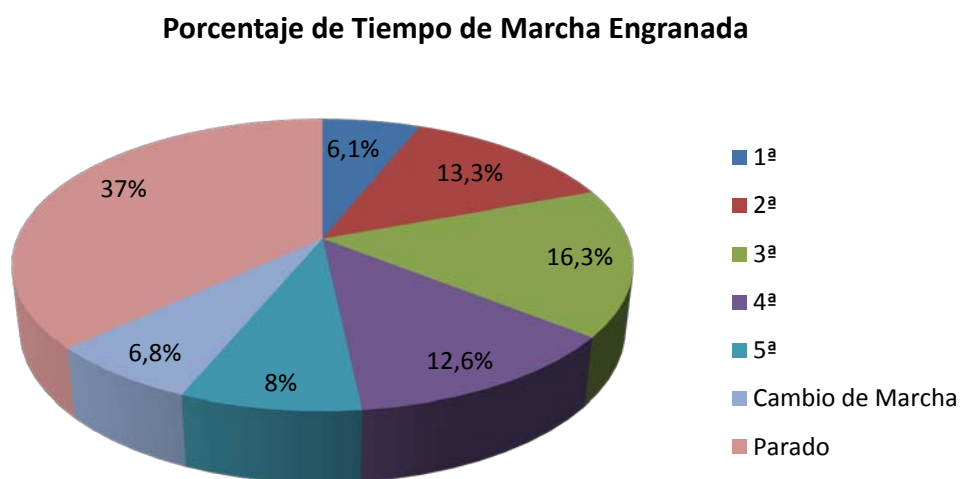
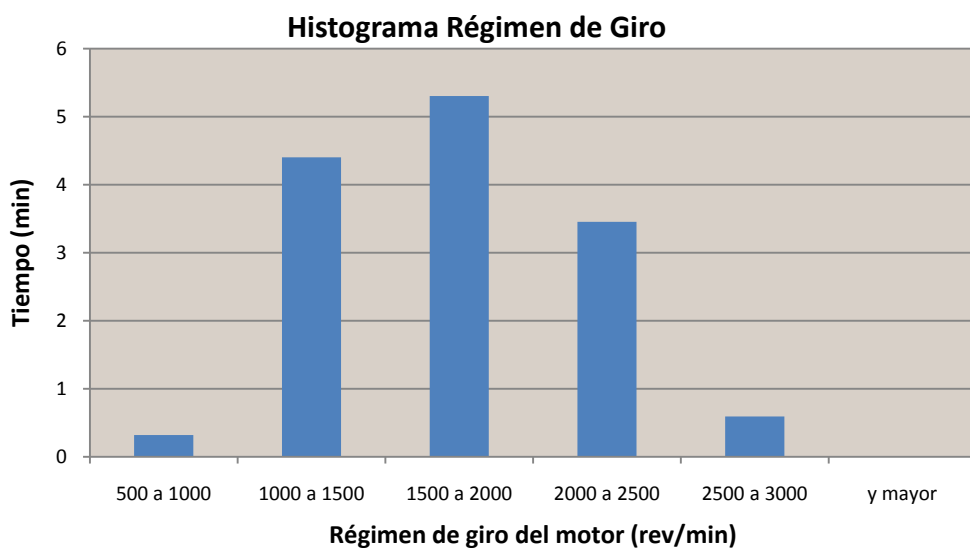
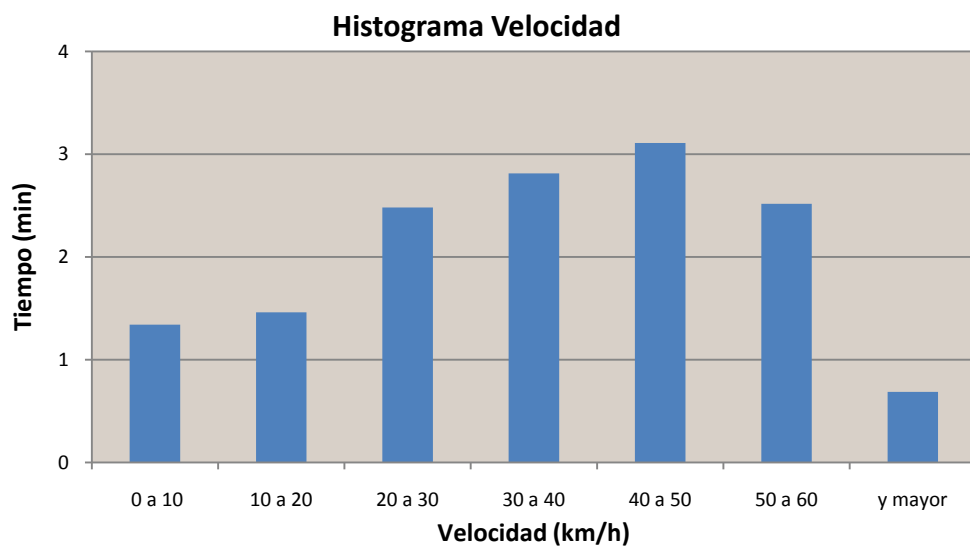


Figura 100. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 4: Circuito Urbano.

Opel Astra Gasolina - Conductor 5: Circuito Urbano.

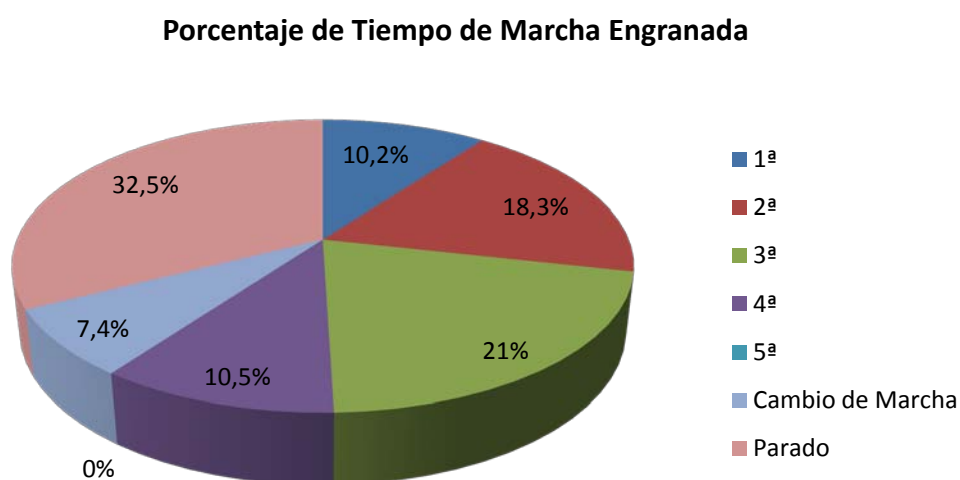
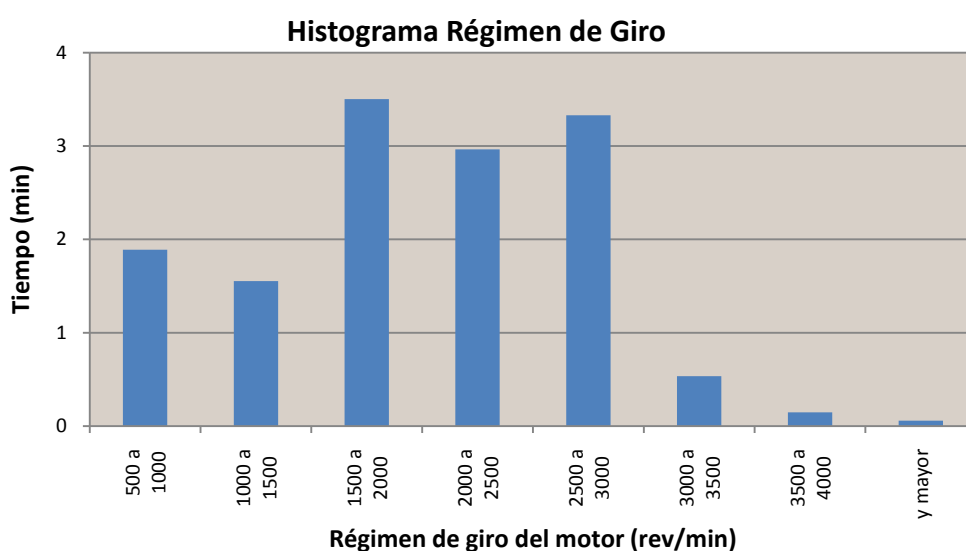
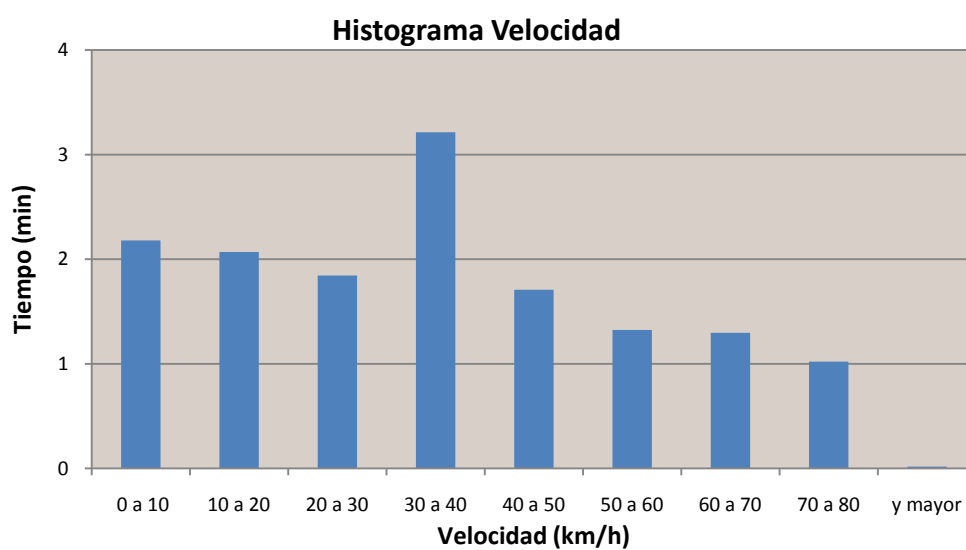


Figura 101. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 5: Circuito Urbano.

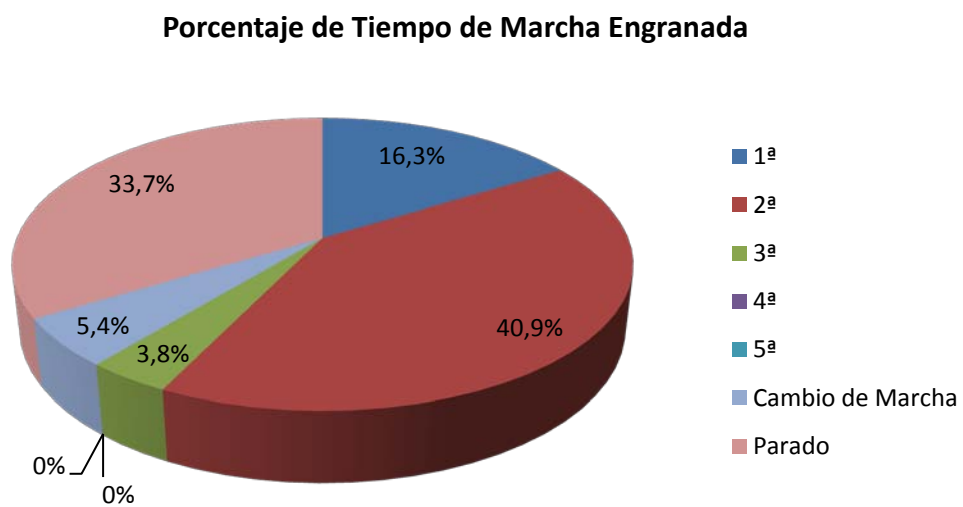
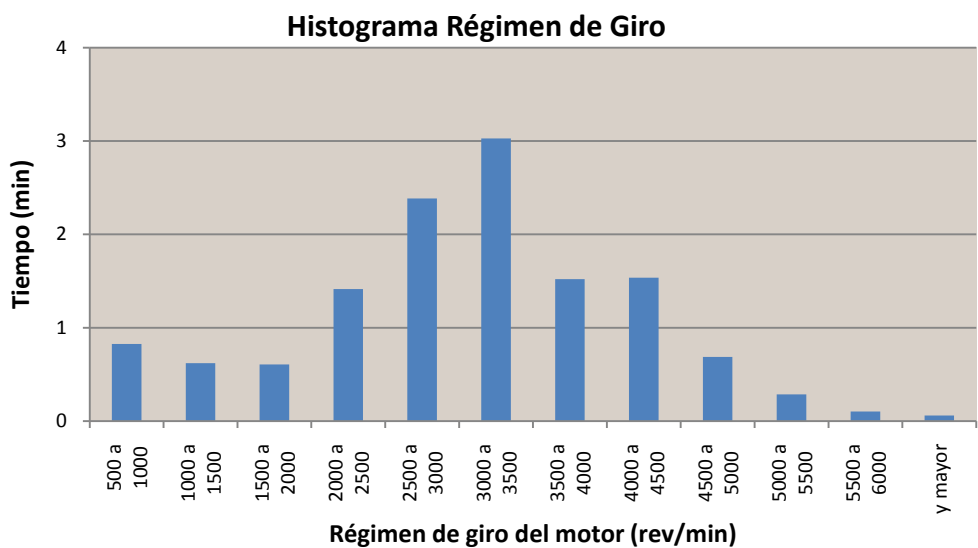
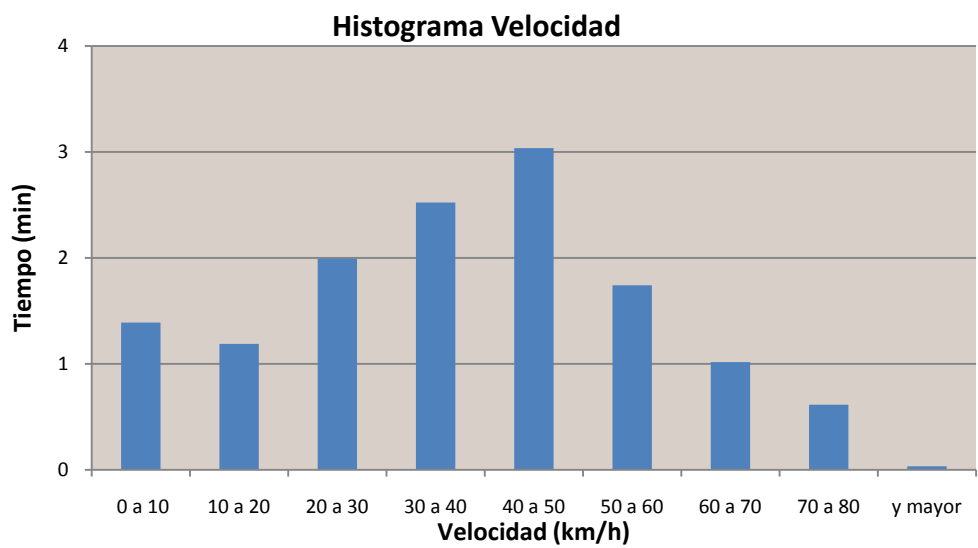


Figura 102. Datos Procesados Opel Astra Gasolina - Conductor 6: Circuito Urbano.

*PROPUESTA DE ENSAYO PARA HOMOLOGAR
EL RUIDO EMITIDO POR UN VEHÍCULO AUTOMÓVIL*

Circuito Carretera	Conductor/a		Conductor 1	Conductor 2	Conductor 3	Conductor 4	Conductor 5	Conductor 6
	Vmedia (km/h)		72,80	86,39	84,04	75,67	96,73	95,20
	Vmáx. (km/h)		102,32	106,11	110,61	95,39	124,67	135,39
	Desv. Est. (km/h)		30,85	19,52	20,33	19,08	22,60	25,06
	Máx. Histograma Vel. (min)		2,54	2,67	1,71	2,50	0,95	1,03
	Máx. Histograma Rev. (min)		4,44	4,58	3,74	3,10	2,18	1,53
	Tiempo Parado (min)		0,15	0,08	0	0,52	0,19	0
	Tiempo Mov. (min)		7,13	5,88	6,07	6,83	5,20	5,38
	Distancia (m)		8649,47	8465,34	8496,56	8614,49	8386,35	8536,38
	Porcentaje de Tiempo	En 1ª	9,4%	0,9%	0%	2%	1,8%	2,1%
		En 2ª	6,8%	1,7%	1,9%	1,3%	1,3%	22,1%
		En 3ª	10,5%	11,1%	9,2%	3,1%	8,6%	47,3%
		En 4ª	13,8%	9,8%	18,1%	10,3%	22%	18,9%
		En 5ª	52,9%	71%	65,3%	73,2%	59,8%	7,7%
		Cambio Marcha	4,6%	4,2%	5,5%	3%	3,1%	1,9%
		Parado	2%	1,3%	0%	7,1%	3,5%	0%

Tabla 23. Resumen Datos Procesados en el Circuito Carretera del Opel Astra Gasolina.

Circuito Urbano	Conductor/a		Conductor 1	Conductor 2	Conductor 3	Conductor 4	Conductor 5	Conductor 6
	Vmedia (km/h)		35,79	31,64	36,11	36,07	36,36	38,88
	Vmáx. (km/h)		76,54	64,19	66,87	68,07	80,52	81,69
	Desv. Est. (km/h)		19,96	17,01	16,97	15,67	20,36	18,10
	Máx. Histograma Vel. (min)		2,65	3,71	2,93	3,11	3,21	3,04
	Máx. Histograma Rev. (min)		3,65	4,85	4,46	5,30	3,51	3,03
	Tiempo Parado (min)		8,29	9,51	8,29	8,27	6,74	6,64
	Tiempo Mov. (min)		14,25	16,04	14,04	14,05	13,99	13,12
	Distancia (m)		8498,38	8458,44	8449,06	8443,22	8480,54	8499,78
	Porcentaje de Tiempo	En 1ª	7,1%	9,9%	8,2%	6,1%	10,2%	16,3%
		En 2ª	25,8%	16,6%	17,2%	13,3%	18,3%	40,9%
		En 3ª	15,9%	23,4%	17,7%	16,3%	21%	3,8%
		En 4ª	7,5%	4,8%	11,7%	12,6%	10,5%	0%
		En 5ª	0%	0%	0%	8%	0%	0%
		Cambio Marcha	7%	8,1%	8,1%	6,8%	7,4%	5,4%
		Parado	36,8%	37,2%	37,2%	37%	32,5%	33,7%

Tabla 24. Resumen Datos Procesados en el Circuito Urbano del Opel Astra Gasolina.

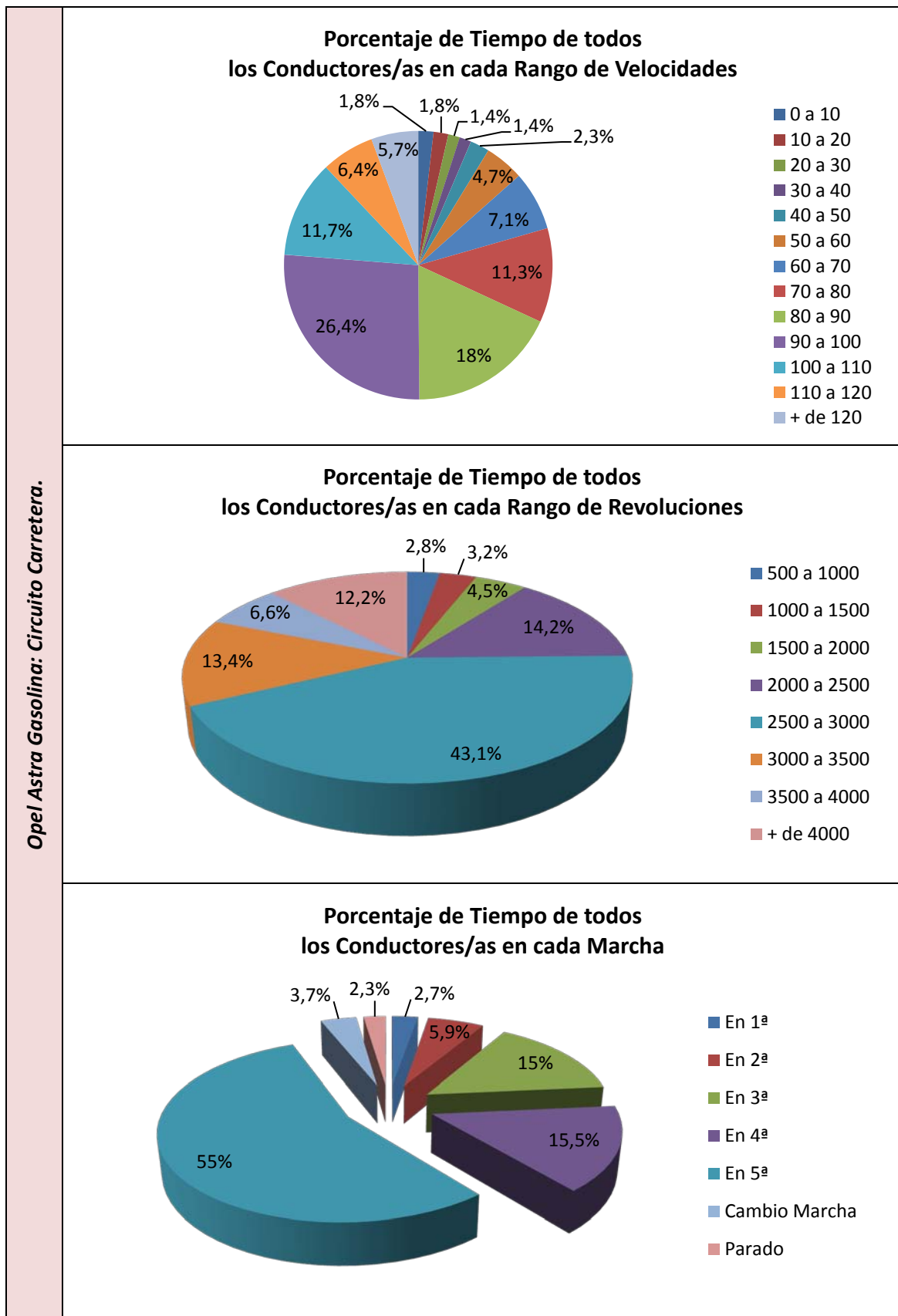


Figura 103. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Opel Astra Gasolina en el Circuito Carretera.

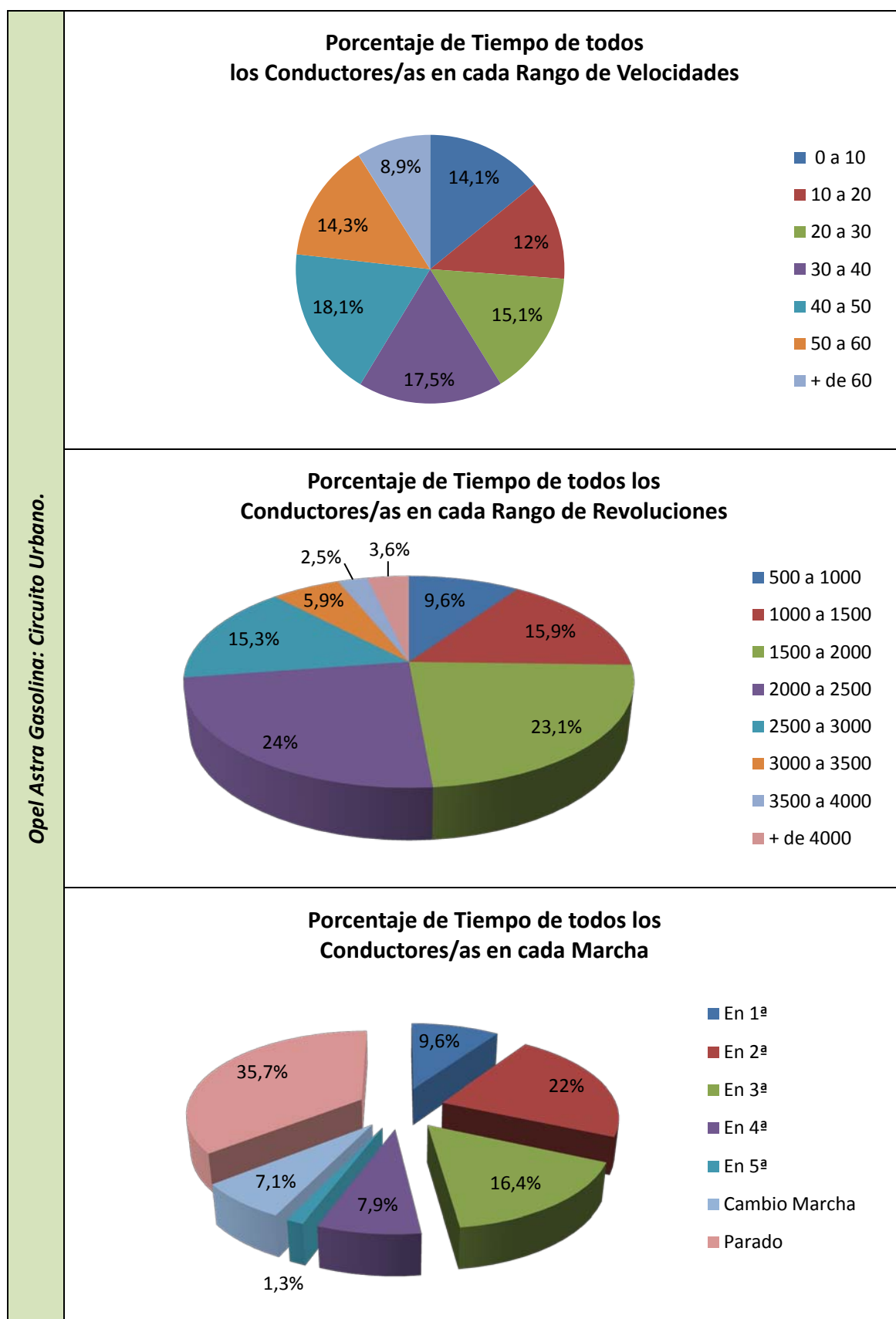


Figura 104. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades, en cada Rango de Revoluciones y en cada Marcha del Opel Astra Gasolina en el Circuito Urbano.

13. Análisis

A continuación se expone la evolución de los parámetros en cada vehículo que se han considerado más importantes; en primer lugar para el circuito urbano y en segundo para el circuito de carretera.

13.1. Circuito Urbano.

En la figura 105, se presenta un gráfico donde se resume para cada vehículo el tiempo que ha permanecido parado durante el recorrido expresado como porcentaje del tiempo total que se ha utilizado en realizar el circuito. Este tiempo habrá sido distinto en cada caso en función de las condiciones de circulación.

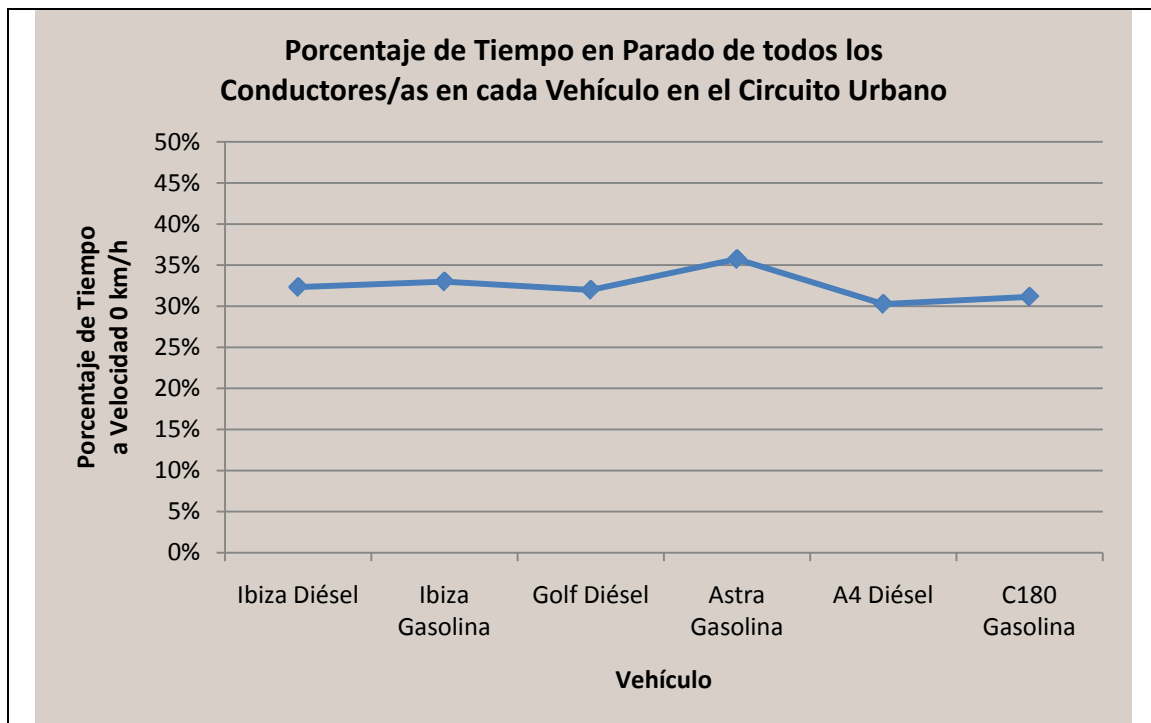


Figura 105. Porcentaje de Tiempo en Parado de todos los Conductores/as en cada Vehículo en el Circuito Urbano.

Como se puede observar, el tiempo que los vehículos han permanecido completamente parados está comprendido entre un 30,3 y un 35,7 % del tiempo total que se tarda en recorrer el circuito urbano. Este efecto no depende tanto del conductor ni del vehículo sino de las condiciones del tráfico y de la vía (número de semáforos en rojo, cedas el paso, stop, etc.).

Las condiciones han sido muy similares en todos los ensayos independientemente de la hora y el día en el que se han realizado las pruebas. En promedio, los vehículos han estado parados un 32,4 % del tiempo total en el circuito urbano.

La figura 106 muestra la velocidad media de cada vehículo en el circuito urbano. La velocidad media oscila entre 30,26 y 36,41 km/h obteniendo como velocidad media de todos los vehículos en el circuito urbano el valor de 34,15 km/h .

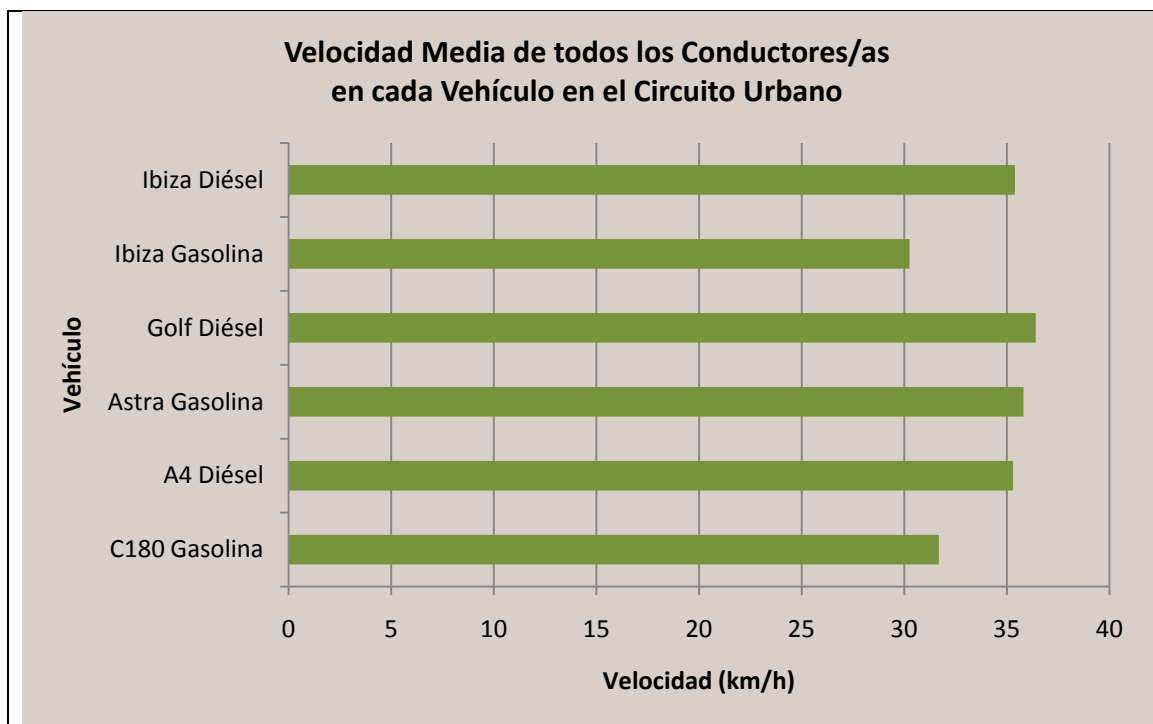


Figura 106. Velocidad Media de todos los Conductores/as en cada Vehículo en el Circuito Urbano.

Son los vehículos pertenecientes al segmento C (Golf Diésel y Astra Gasolina) los que poseen velocidades promedio más elevadas.

Llama la atención que el segundo vehículo con una velocidad media más baja sea el Mercedes C180 Gasolina siendo un vehículo de una categoría y prestaciones superior al resto. Esto puede explicarse teniendo en cuenta que es el vehículo con mayor potencia máxima del estudio, así pues, el consumo de carburante juega un factor decisivo que los conductores/as tienen presente a la hora de realizar sus desplazamientos diarios.

En la figura 107 se muestran los valores de las velocidades máximas promedio alcanzadas en el circuito urbano.

Como se puede ver, en todos los casos se superan las velocidades máximas permitidas en una vía urbana (50 km/h), de hecho, la velocidad máxima promedio de todos los conductores/as y de todos los vehículos se sitúa en 71,15 km/h .

Otro aspecto destacable es que la velocidad máxima promedio alcanzada no varía mucho en función del tipo de vehículo utilizado (entre 66,81 y 75,28 km/h). Los vehículos pequeños son igual de rápidos que los más grandes cuando se circula por una vía urbana, siendo el propio conductor y las condiciones de la vía los que parecen limitar la velocidad máxima de circulación.

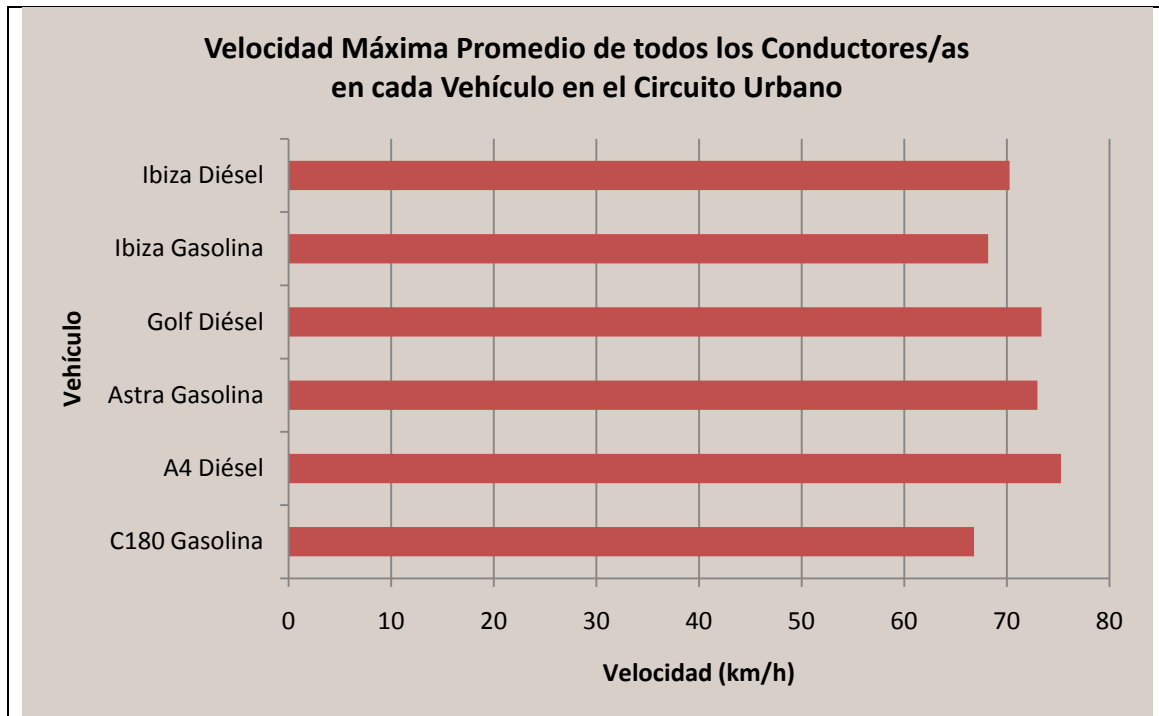


Figura 107. Velocidad Máxima Promedio de todos los Conductores/as en cada Vehículo en el Circuito urbano.

Buscando mínimas diferencias entre vehículos encontramos al Mercedes C180 Gasolina con la velocidad máxima promedio más baja y al Audi A4 Diésel con la más alta. De nuevo se puede comprobar que con un vehículo de altas prestaciones gasolina los conductores/as tienden a contener su conducción siendo quizás el consumo de carburante la razón de esto.

En la figura 108 se presenta la desviación típica de la velocidad en el circuito urbano para cada vehículo. Esta variable permite estimar cuán estable es la velocidad durante el recorrido.

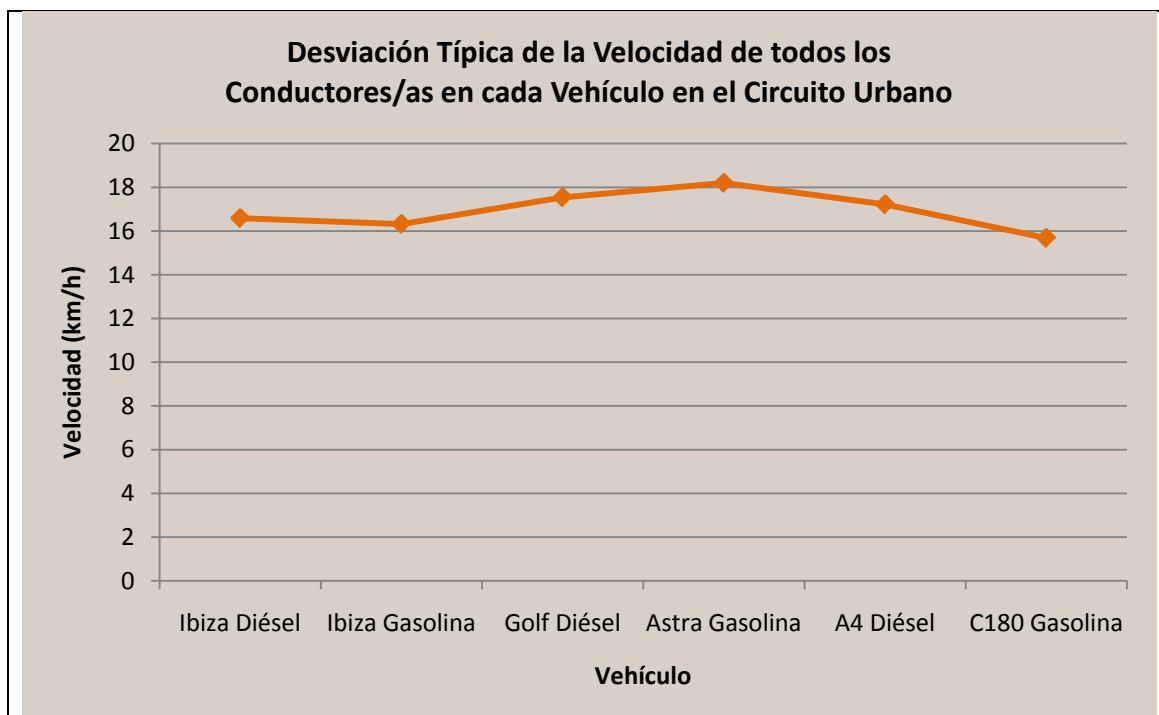


Figura 108. Desviación Típica de la Velocidad de todos los Conductores/as en cada Vehículo en el Circuito Urbano.

Desde un punto de vista ecológico, tanto por consumo de combustible como por el nivel de emisiones gaseosas y acústicas, sería deseable que la conducción fuera lo más estable posible, dentro de las limitaciones que permite el tráfico urbano. Como puede observarse en el gráfico es el Mercedes C180 Gasolina en el que los conductores/as varían en menor medida la velocidad con la que circulan.

En cualquier caso, parece que las condiciones del tráfico no permiten variaciones por debajo de $15,68 \text{ km/h}$ ni superiores a $18,20 \text{ km/h}$. Este último dato pertenece al Opel Astra Gasolina, en el que se ha producido una mayor variación de velocidad en el circuito urbano.

Con estos datos se podría ajustar la función de probabilidad para una conducción del circuito urbano suponiendo que se puede aproximar a una función normal. En la figura 109 se presenta el gráfico de esta distribución de probabilidad.

Según esta distribución el 68,3 % del tiempo los conductores/as circulan a velocidades comprendidas entre $14,77$ y $50,64 \text{ km/h}$.

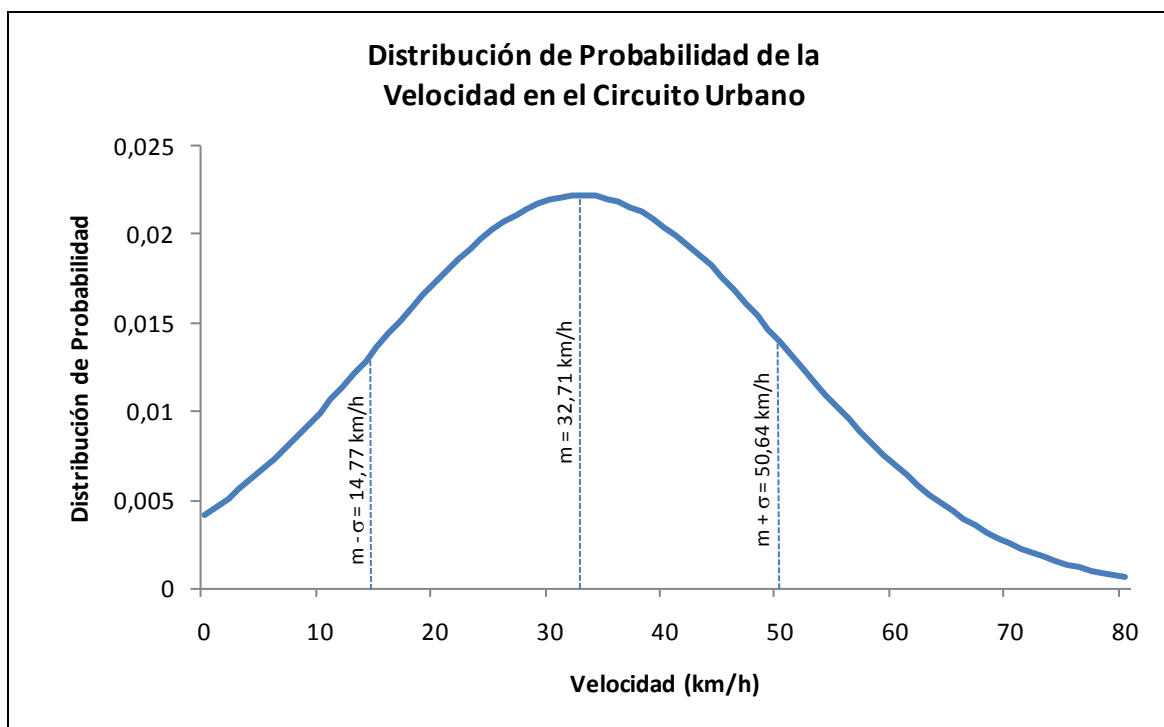


Figura 109. Distribución de Probabilidad de la Velocidad en el Circuito Urbano.

De tal forma, el 83,4% del tiempo circulan entre 10 y 60 km/h , siendo la media $32,71 \text{ km/h}$ y la desviación típica $17,93 \text{ km/h}$. Además, superan la velocidad genérica máxima permitida en poblado un 16,9 % del tiempo, lo que significa que para alcanzar la media los conductores/as han de superar el límite legal.

De todo ello se deduce que para no superar en ningún caso el valor de 50 km/h se debería circular alcanzando una media muy inferior a 33 km/h sin excesivas variaciones de ésta.

En la figura 110 comprobamos nuevamente cómo el rango de velocidades comprendido entre 30 y 50 km/h es el que se utiliza durante más tiempo.

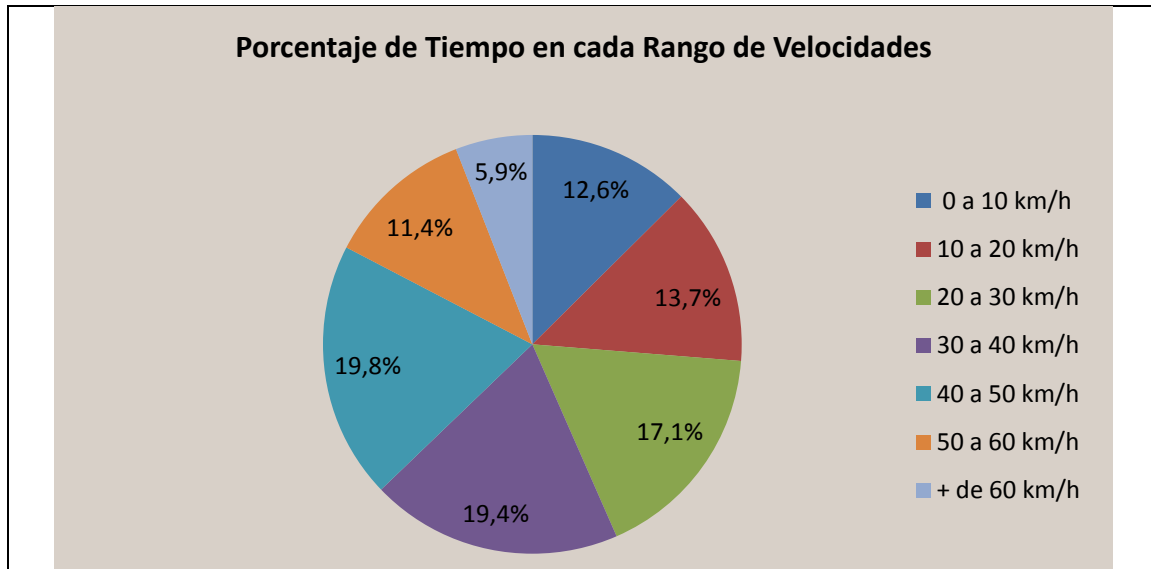


Figura 110. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades de todos los Conductores/as y de todos los Vehículos en el Circuito Urbano.

De muy poco sirve circular a velocidades superiores a 50 km/h en poblado cuando son los semáforos y la fluidez del tráfico los que marcan la velocidad media. De esto da habida cuenta el conductor 6 del Seat Ibiza Gasolina en el circuito urbano en el que, a pesar de su insistencia en circular a velocidades altas, sólo lo puede conseguir de forma puntual y sin aumentar notablemente su velocidad media respecto al resto de conductores.

En cuanto al régimen de giro se refiere, podemos ver en la figura 111 cómo el rango de entre 1500 y 2000 rev/min es el más utilizado seguido del de 1000 a 1500 rev/min .

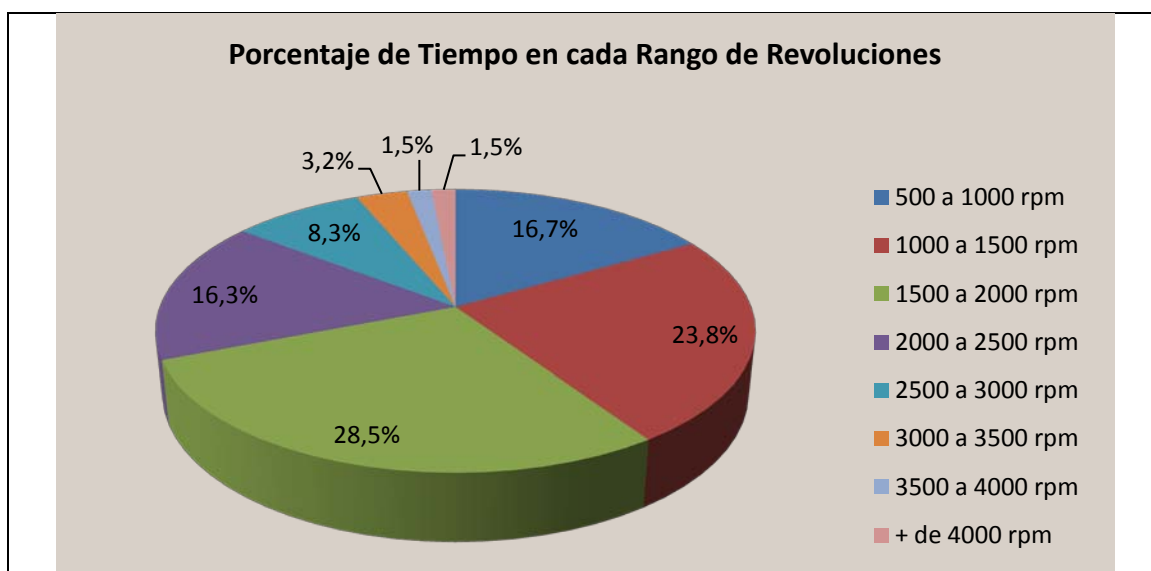


Figura 111. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Revoluciones de todos los Conductores/as y de todos los Vehículos en el Circuito Urbano.

Los conductores/as no utilizan mayoritariamente un régimen de giro del motor elevado, es por el contrario, el que más utilizan, donde se encuentra el punto de par máximo del motor de un vehículo medio propicio para el continuo cambio de marcha ascendente en el circuito urbano.

En una conducción urbana en la que no se requiere un repentino aporte de energía, como sucedería en una carretera al efectuar un adelantamiento, es ideal este régimen de giro de par motor máximo, además de emplear menos combustible para el trayecto del que gastaría a elevadas revoluciones o a bajas pero con una marcha alta engranada.

En cuanto al número de marcha engranada es la segunda y la tercera las más utilizadas como puede verse en la figura 112.

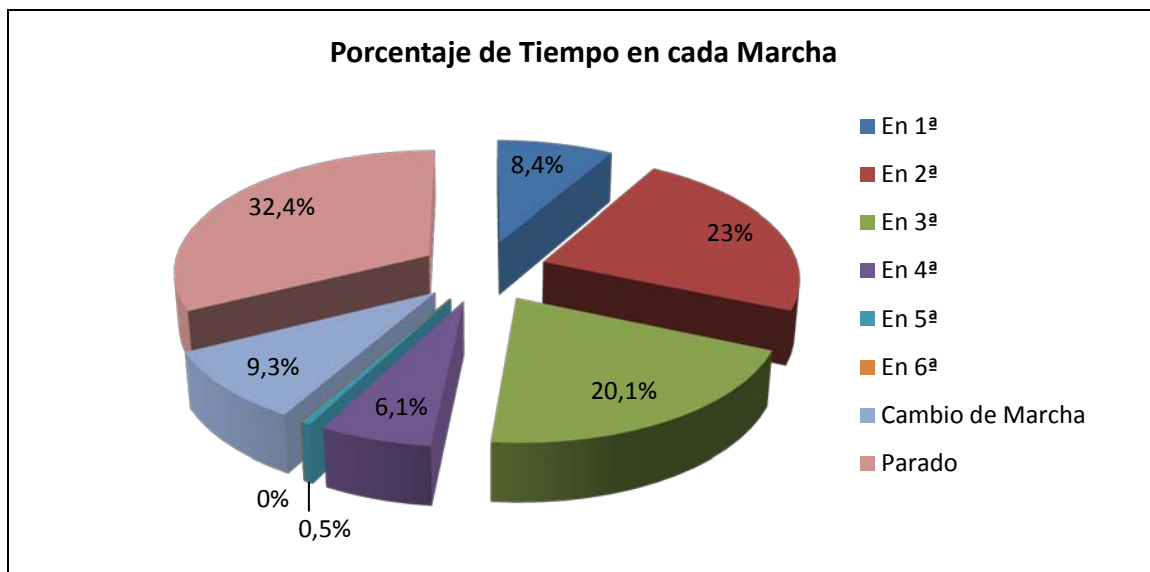


Figura 112. Porcentaje de Tiempo en cada Marcha de todos los Conductores/as y de todos los Vehículos en el Circuito Urbano.

Esta situación guarda una clara relación con las velocidades anteriormente mencionadas de entre 30 y 50 km/h de circulación con un estilo de conducción medio y con los rangos de revoluciones de giro del motor de entre 1000 a 2000 rev/min debido, principalmente, al repetitivo cambio de marcha descendente y ascendente que caracteriza una conducción urbana. Se puede comprobar este efecto observando que el tiempo que se destina a cambiar de marcha (9,3%) es superior que el dedicado a utilizar la primera o la cuarta marcha (8,4% y 6,1% respectivamente).

Más detalladamente, puede observarse en la figura 113 como para todos los conductores y todos los vehículos la utilización de la primera marcha se sitúa entre un 5 y un 10 % del tiempo total. Esto es debido a que en una conducción normal la primera marcha se utiliza para el arranque y enseguida los conductores/as cambian a segunda, siendo el Opel Astra Gasolina en el que la primera marcha es más utilizada respecto del resto de vehículos.

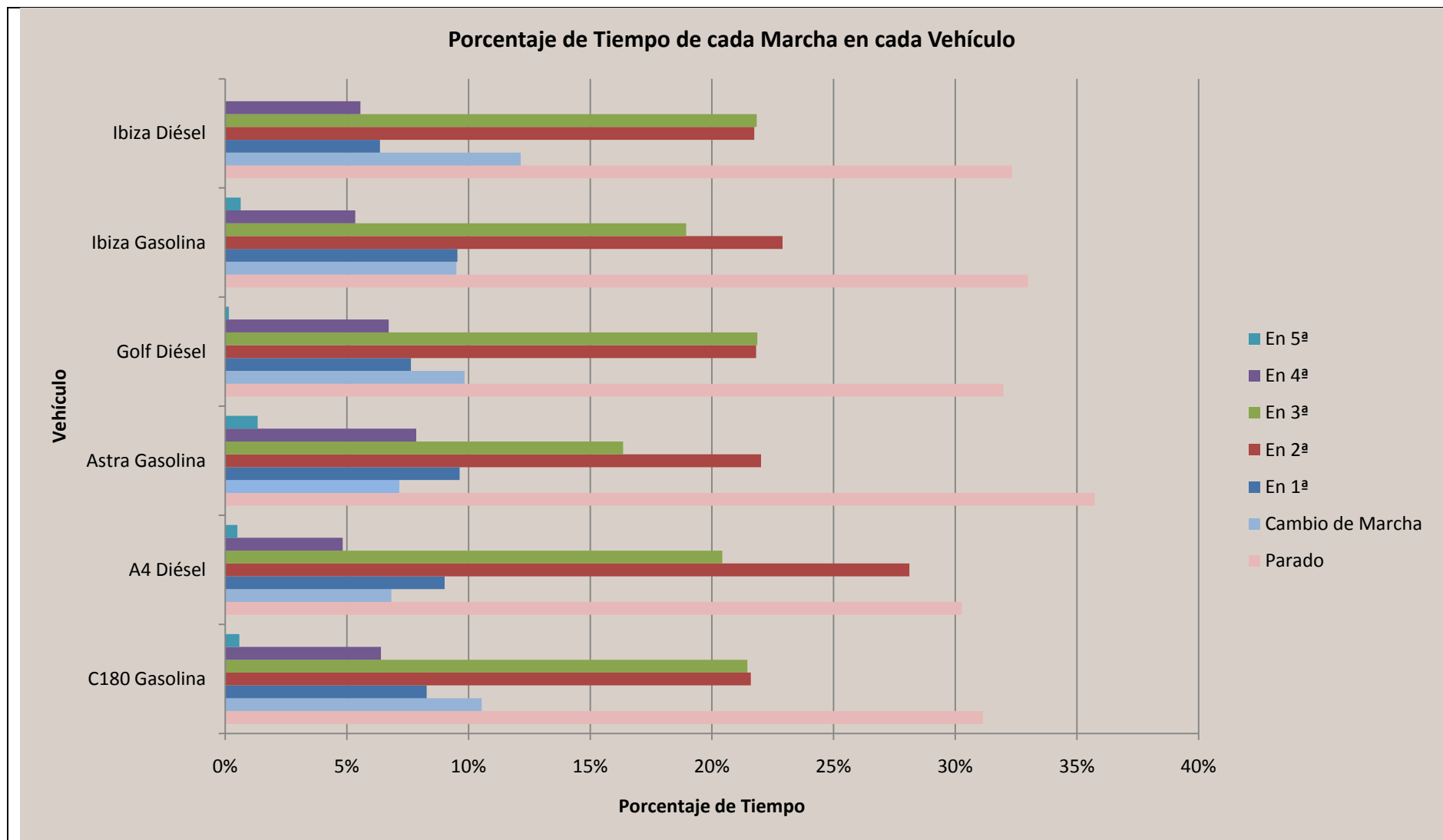


Figura 113. Porcentaje de Tiempo de cada Marcha en cada Vehículo en el Circuito Urbano.

Para la segunda marcha se puede ver como el porcentaje respecto de la primera se incrementa, situándose entre un 20 y un 30% del tiempo total según el vehículo. La figura 112 nos mostraba que es esta marcha la más utilizada (23% en promedio).

También parece significativo que con un vehículo de mayores prestaciones (Audi A4) la tendencia sea circular más tiempo en segunda marcha que con el resto de los vehículos. Es posible que la explicación esté en que al tener motores más potentes, con mejor insonorización y de ciclo Diésel los desarrollos en segunda velocidad sean más largos y eso favorezca poder circular en segunda sin que el régimen de giro del motor sea muy elevado.

Después de la segunda, la tercera es la más utilizada (20,1% en promedio). Se utiliza tanto como la segunda en el Seat Ibiza Diésel, en el Volkswagen Golf Diésel y en el Mercedes C180 Gasolina. En el resto se utiliza algo menos que la segunda pero no se desmarca demasiado, la diferencia más acusada se da en el Audi A4 Diésel con más de un 7%.

La cuarta marcha se utiliza en promedio un 6,1%, un uso todavía inferior al que tiene la primera (8,4%).

Como se puede observar en la figura 113, en el Opel Astra Gasolina se ha llevado engranada la cuarta marcha más que con el resto de los vehículos. También es cierto que en este vehículo es en el que menos tiempo se ha utilizado la tercera, quizás por tener un desarrollo demasiado corto que obliga a seleccionar la cuarta marcha con mayor premura que en el resto de vehículos.

La quinta marcha apenas se utiliza (0,5% en promedio). Vuelve a aparecer el Opel Astra Gasolina como el vehículo en el que más se utiliza esta marcha, quizás por la misma razón que se exponía para la cuarta: desarrollos cortos que obliguen a un inmediato ascenso en la selección de las marchas.

Algunos vehículos disponen de sexta marcha, pero en ningún caso ha sido utilizada en el circuito urbano y por lo tanto no es representada en la figura 113.

Se vuelve a comprobar como el tiempo destinado a cambiar de marcha es superior incluso al de primera marcha engranada salvo en el Audi A4 Diésel, vehículo que debe poseer una caja de cambios que permita cambiar de marcha con rapidez. Por el contrario, el Seat Ibiza Diésel es en el que mayor tiempo se emplea para cambiar de marcha. Por tanto, esta es una diferencia notable entre vehículos Diésel de distintas categorías.

Por último mencionar el gran porcentaje de tiempo que cualquier vehículo está parado en el circuito urbano (32,4% en promedio). Esto no depende ni de los vehículos ni de los conductores/as y aunque haya diferencias entre ellos se debe a los semáforos y a la fluidez del tráfico.

Viendo que aproximadamente casi un tercio del tiempo que se emplea en recorrer un circuito urbano el vehículo está detenido, cobran importancia los actuales sistemas "Star and Stop" que paran el motor cuando un vehículo se detiene en un semáforo. Esto contribuye a una clara disminución de contaminantes atmosféricos y acústicos así como a un ahorro de combustible.

Por otra parte, se puede observar en la figura 114 el porcentaje de tiempo en el que se producen aceleraciones y deceleraciones durante el desarrollo del circuito urbano. Se puede ver que las aceleraciones negativas tienen un ligero porcentaje total mayor (51,4 %) respecto de las positivas (48,6 %).

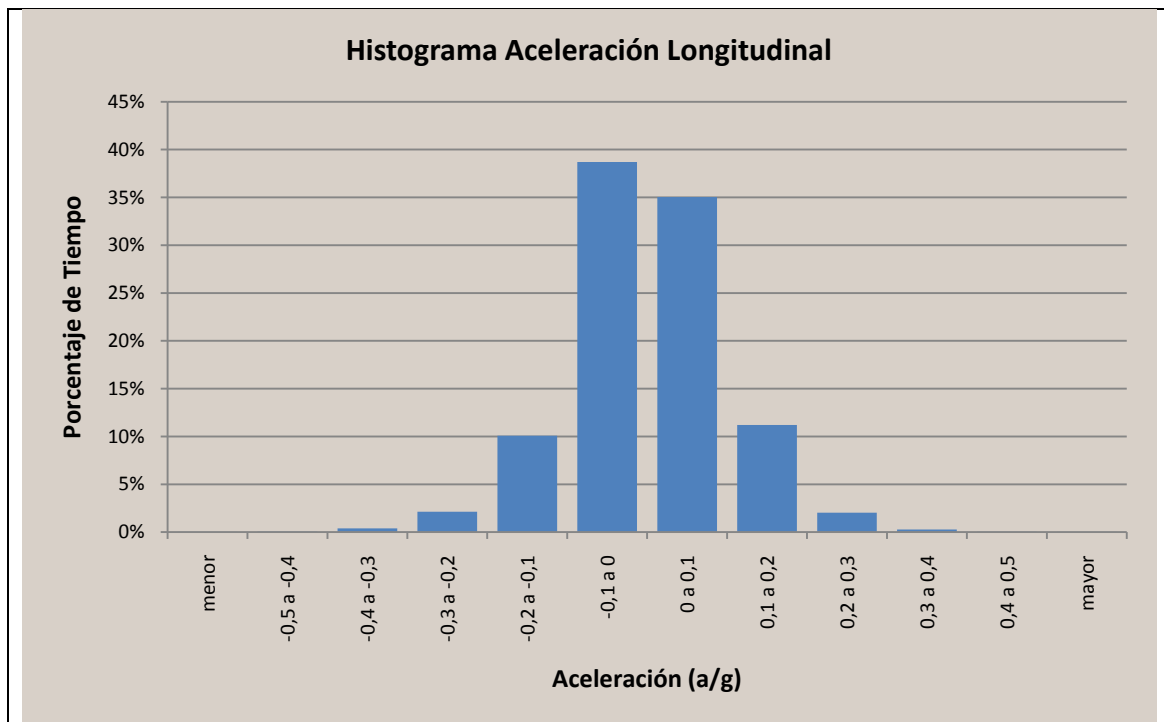


Figura 114. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Aceleraciones de todos los Conductores/as y de todos los Vehículos en el Circuito Urbano.

Se debe principalmente a que los conductores/as detienen los vehículos de una forma mínimamente más brusca que al iniciar el movimiento con ellos. Como se aprecia en la figura es el rango comprendido entre -0,2 a 0,2 g donde se encuentran los vehículos la mayor parte del tiempo.

Cabe mencionar, que los valores de aceleración que se sitúen fuera del intervalo -0,3 a 0,3 g no están dentro de lo que se llama confort de los pasajeros y, para este caso, no se superan salvo en un 0,8 % del tiempo.

13.2. Circuito Carretera.

La figura 115 presenta la velocidad media de cada uno de los vehículos ensayados, teniendo en cuenta sólo el tiempo en el que el vehículo estaba en movimiento. Esta velocidad media podría depender mucho de las condiciones del tráfico y del estado de la vía.

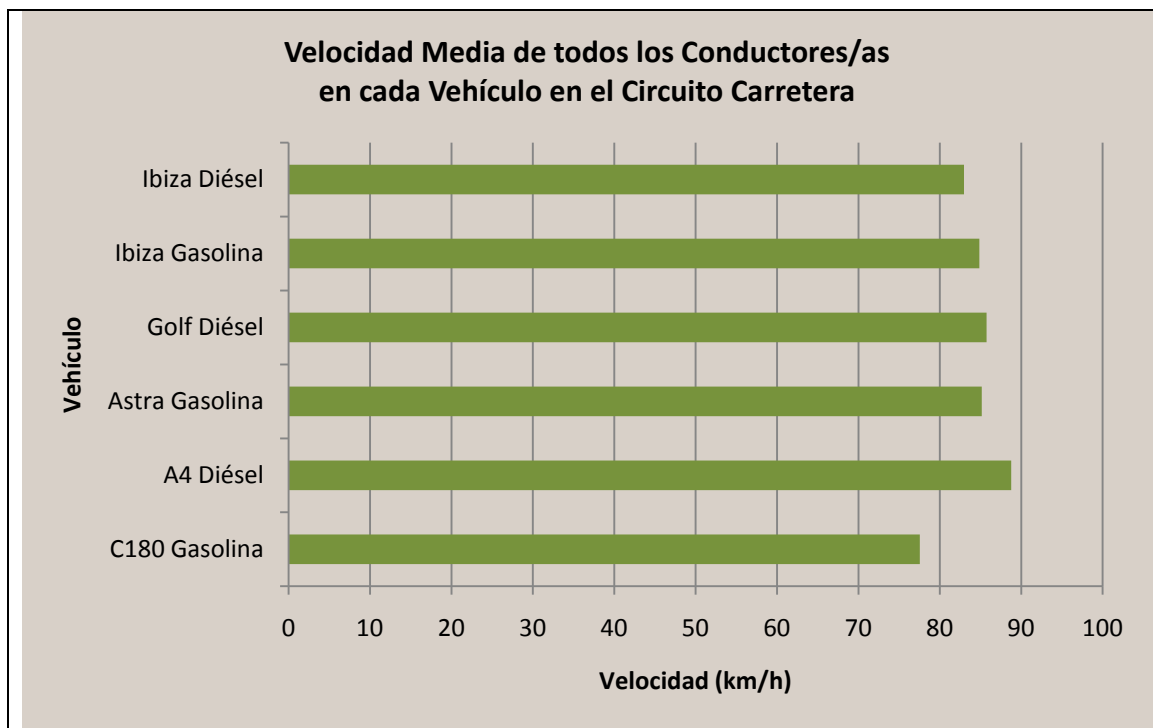


Figura 115. Velocidad Media de todos los Conductores/as en cada Vehículo del Circuito Carretera.

Se puede observar como la variación de esta velocidad media está comprendida en un rango relativamente estrecho (entre 77,54 y 88,77 km/h).

De nuevo se observa cómo con un vehículo de Gasolina de potencia moderada-alta, pese a pertenecer a un segmento superior (Mercedes C180), se contiene la velocidad de circulación. En cuanto el vehículo de mejores prestaciones pasa a ser Diésel (Audi A4), la velocidad con la que se conduce aumenta (la diferencia es de 11,23 km/h).

El resto de vehículos conservan una velocidad media similar desde 82,97 km/h en el Seat Ibiza Diésel hasta 85,74 km/h en el Volkswagen Golf Diésel (no difieren en más de 2,77 km/h).

Las velocidades máximas promedio en cada vehículo son mostradas en la figura 116. Como se puede ver la velocidad máxima promedio más alta se alcanza con el Audi A4 Diésel (122,36 km/h) y la más baja con el Opel Astra Gasolina (112,42 km/h). De tal forma, la diferencia es escasa: 9,94 km/h .

Esta es otra ocasión en la que con el Audi A4 Diésel los conductores/as circulan sin ninguna preocupación por el consumo, y con el confort y comodidad propios de vehículos de este segmento que permiten circular a velocidades algo más elevadas. Pese a ser características compartidas con el Mercedes C180 Gasolina se circula con éste a velocidades inferiores, debido quizás al consumo, incluso en este circuito de carretera en el que los consumos para cualquier vehículo se vuelven más ajustados.

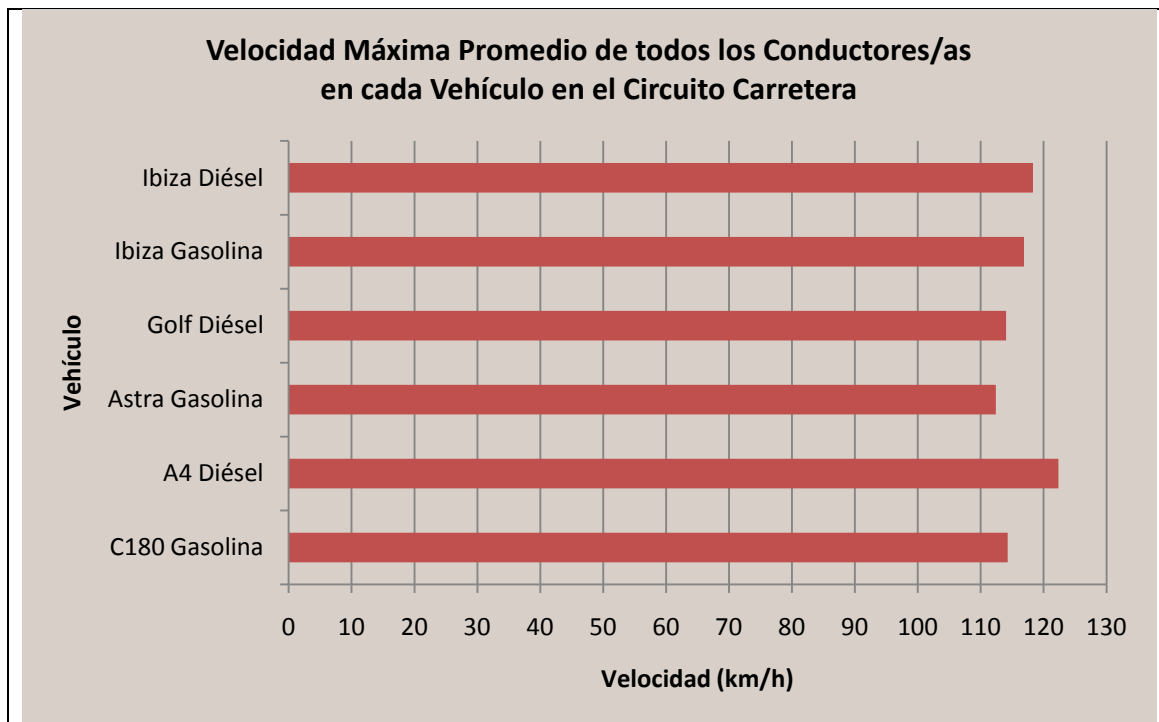


Figura 116. Velocidad Máxima Promedio de todos los Conductores/as en cada Vehículo en el Circuito Carretera.

Como ya se ha comentado, las velocidades máximas entre vehículos no tienen grandes diferencias. Así, el comportamiento con los diferentes vehículos es muy similar para todos los conductores/as.

En la figura 117 se puede ver las desviaciones típicas de cada vehículo en el circuito de carretera.

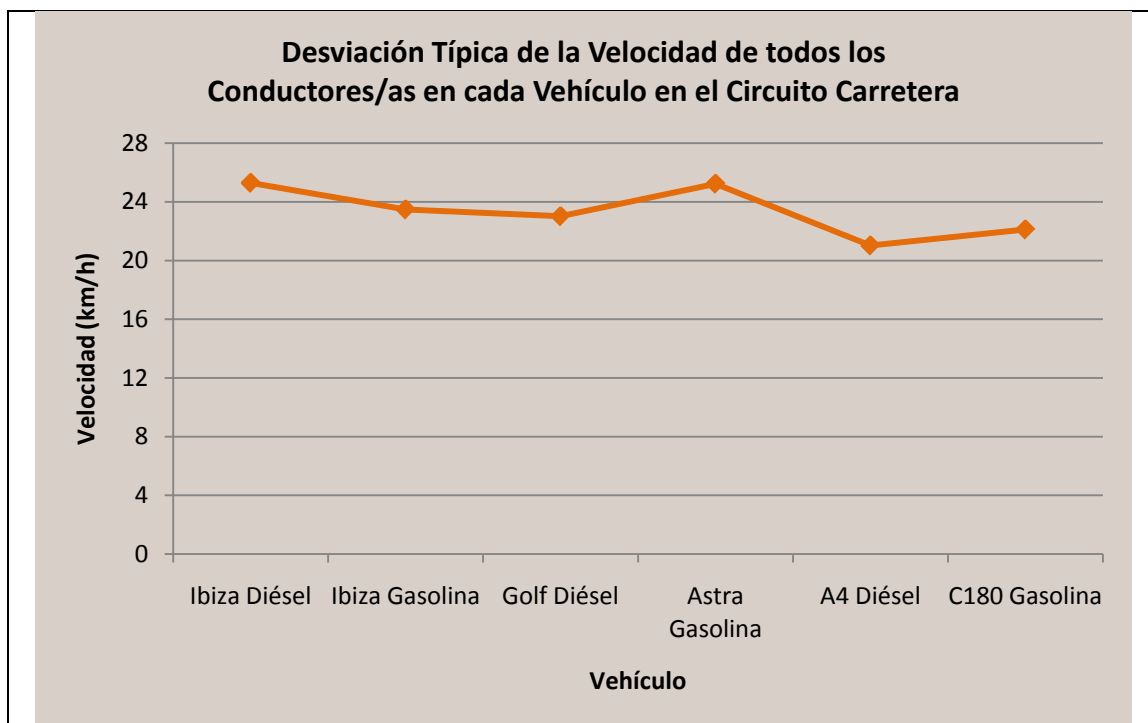


Figura 117. Desviación Típica de la Velocidad de todos los Conductores/as en cada Vehículo en el Circuito Carretera.

Existe una mayor inestabilidad en la conducción en cuanto a la velocidad media. Esto se debe a que el circuito de carretera seleccionado para los ensayos transcurre por una autovía en la que el límite máximo de velocidad es inferior al genérico de 120 km/h , es una autovía con mucha afluencia de vehículos y con continuas incorporaciones y salidas a la misma, lo que hace difícil mantener una velocidad constante.

Según se aprecia en el gráfico, el Seat Ibiza Diésel (desviación típica de $25,29 \text{ km/h}$) es el vehículo con el que resulta más difícil estabilizar la velocidad de conducción, mientras que con el Audi A4 Diésel (desviación típica de $21,03 \text{ km/h}$) parece ser más factible circular sin demasiadas alteraciones desde la velocidad media.

Con estos datos podemos hacer una buena aproximación a una distribución normal para la velocidad en el circuito carretera (figura 118).

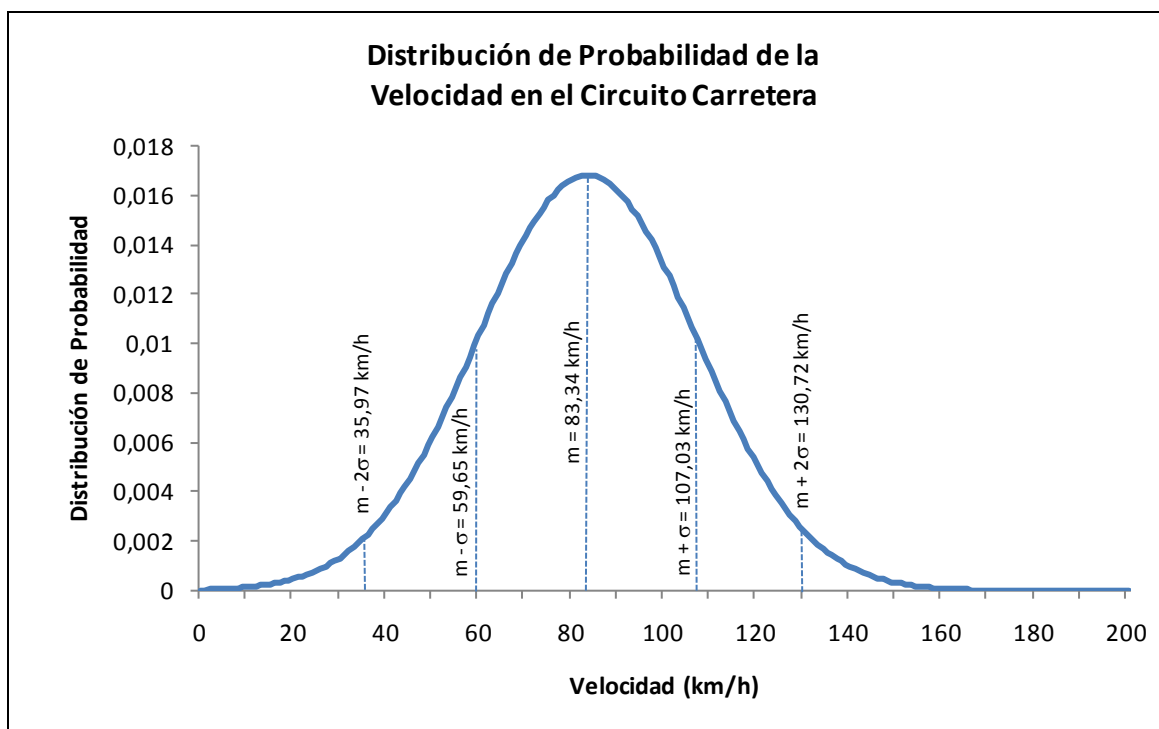


Figura 118. Distribución de Probabilidad de la Velocidad en el Circuito Carretera.

Vemos que el 68,3% de las veces se circula entre $59,65$ y $107,03 \text{ km/h}$, el 95,5% entre $35,97$ y $130,72 \text{ km/h}$ y, aunque no representado en el gráfico, el 99,7% entre $12,28$ y $154,40 \text{ km/h}$.

La autovía por la que transcurre el circuito de carretera atraviesa zonas urbanas. De tal forma, ayuntamientos y demás instituciones establecen límites de velocidad máxima inferiores al genérico de 120 km/h para este tipo de vías. Así pues, vemos que los conductores/as circulan:

- el 6,06% del tiempo por encima de 120 km/h ,
- el 24,20% del tiempo por encima de 100 km/h ,
- el 38,97% del tiempo por encima de 90 km/h ,
- y el 55,57% del tiempo por encima de 80 km/h .

Por lo que resulta difícil no superar un límite de 90 ó 100 km/h que es el que se recomienda en estos casos.

En la figura 119 puede verse la velocidad distribuida en rangos de 10 km/h , siendo el rango comprendido entre 90 y 100 km/h el que mayor tiempo de conducción ocupa seguido del de 80 a 90 km/h en segundo lugar y del de 70 a 80 km/h en tercer lugar. Así pues, y de un modo más general, el rango que comprende las velocidades de entre 70 y 100 km/h sería el predominante en este estudio en el circuito de carretera.

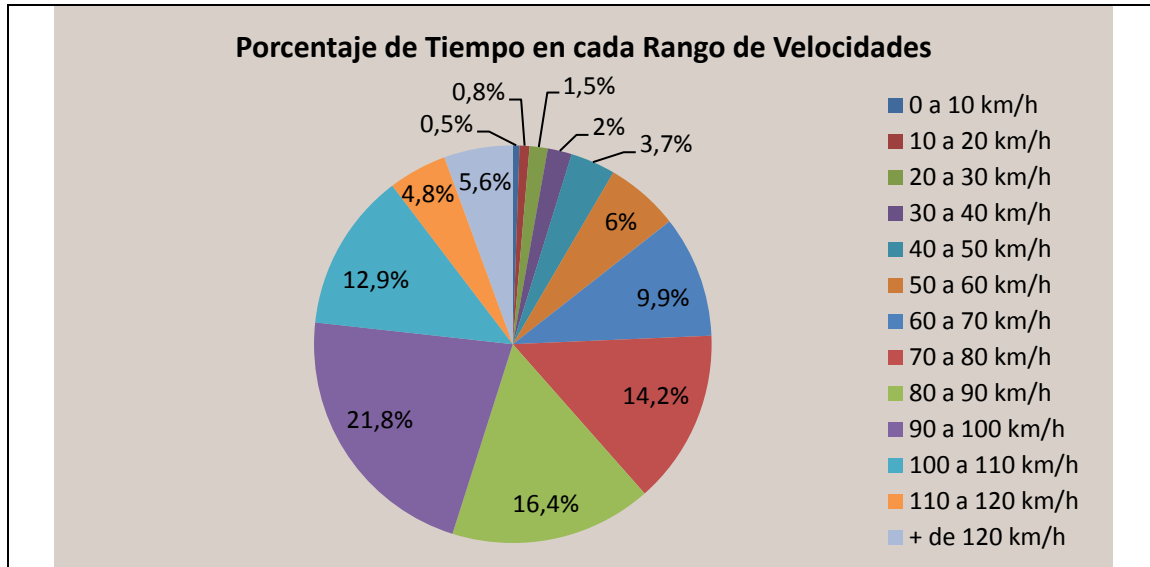


Figura 119. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Velocidades de todos los Conductores/as y de todos los Vehículos en el Circuito Carretera.

Esto viene condicionado por las propias características físicas de la vía y por la fluidez del tráfico de la zona, por lo que resulta difícil mantener durante un tiempo prolongado velocidades superiores o inferiores a estas. De hecho, el circular a velocidades diferentes a las predominantes se traduce como un estorbo a la circulación propia de la vía y puede suponer elevar el riesgo de accidente por alcance.

Aquellos conductores que, no conformándose con la velocidad media que les obliga a mantener la vía y el tráfico en general, intenten repetidamente elevar su velocidad traerá como consecuencia continuos y bruscos cambios de velocidad instantáneos y de revoluciones de giro del motor. Ni que decir tiene el elevado gasto de combustible que esto supone si no logran mantener una velocidad constante. Como puede verse en el gráfico, es poco el tiempo que se puede circular a velocidades superiores a 110 km/h .

En la figura 120 se expone el porcentaje de tiempo que utilizan los conductores/as en rangos de 500 revoluciones por cada minuto. Se puede comprobar cómo para mantener una velocidad de entre 70 y 110 km/h de media se utiliza un rango de revoluciones de giro del motor de entre 1500 y 3000 rev/min , siendo el predominante el comprendido entre 2000 y 2500 rev/min . Esto nos indica que, para circular a una velocidad no excesivamente alta, el régimen de giro del motor puede situarse en torno al de par máximo sin mayor inconveniente. Por lo que no se llega a regímenes de giro donde el consumo de combustible, los ruidos y las emisiones de contaminantes sean mayores.

En este caso, podría cobrar más importancia la forma en la que cada persona conduce su vehículo: a un régimen de giro del motor elevado aún circulando a velocidades bajas, a un régimen de giro bajo pero circulando a velocidades elevadas, etc.

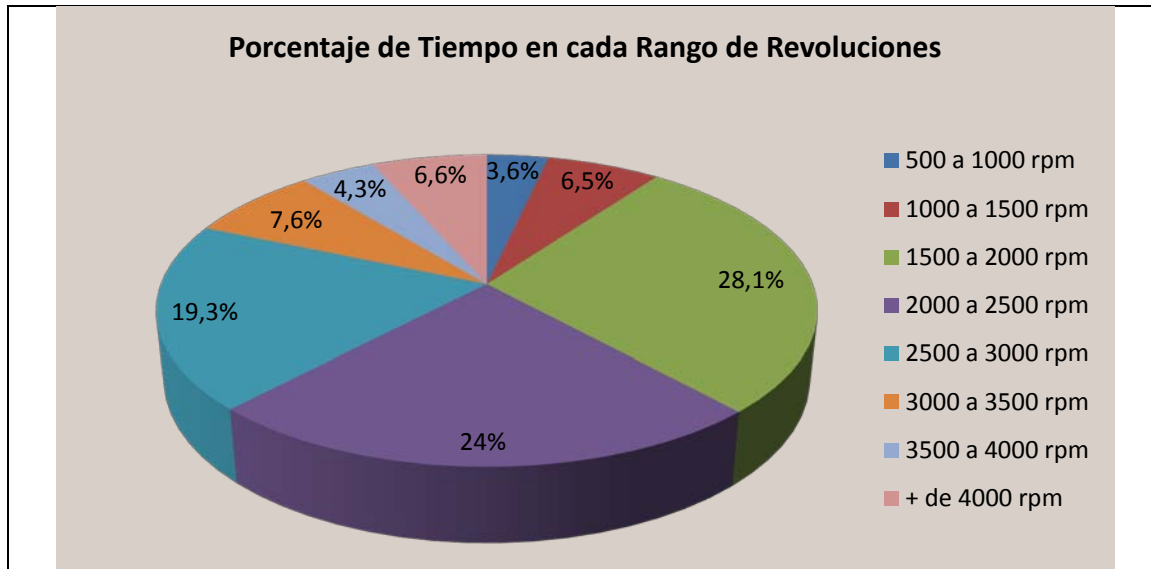


Figura 120. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Revoluciones de todos los Conductores/as y de todos los Vehículos en el Circuito Carretera.

Sin embargo se comprueba que la mayoría de los conductores/as utiliza durante más tiempo el rango de entre 2000 y 2500 rev/min no desmarcándose mucho el de 1500 a 2000 rev/min y quedando en tercer lugar el de 2500 a 3000 rev/min .

Se utiliza muy poco un régimen de giro elevado correspondiente al de potencia máxima. Los vehículos conducidos llegan a tener una diferencia de potencia máxima de hasta 50 C.V. y sin embargo no se recurre a este régimen de giro. Es el rango de revoluciones que comprende el régimen de par máximo el más recurrido por los conductores/as.

La figura 121 muestra el tiempo que los conductores/as destinan al uso de cada marcha y al cambio de las mismas.

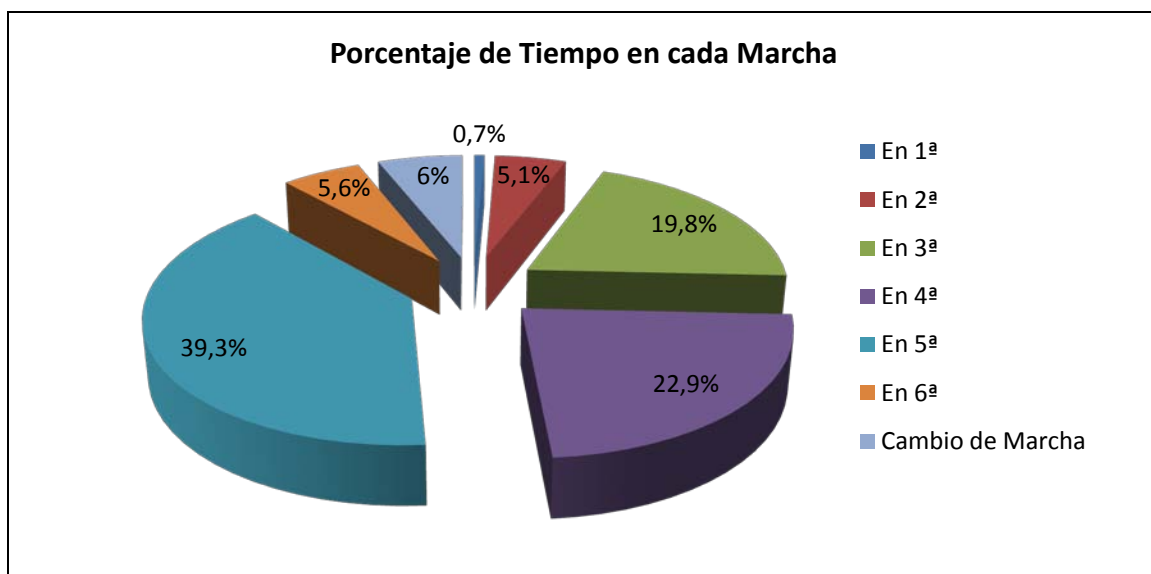


Figura 121. Porcentaje de Tiempo en cada Marcha de todos los Conductores/as y de todos los Vehículos en el Circuito Carretera.

Como se puede ver los conductores/as utilizan ampliamente la quinta marcha principalmente (39,3%) y la cuarta en segundo lugar (22,9%) como marchas predominantes para recorrer el circuito de carretera, acorde con un rango de velocidades de entre 70 y 110 km/h y un régimen de giro de entre 1500 y 3000 rev/min .

Se observa la poca utilización de la sexta marcha para el rango de velocidades y de régimen de giro más utilizados. Se hace obligatorio el cuestionarse la utilidad y necesidad de esta marcha en autovías de este tipo, aunque hay que recordar que tiene un límite de velocidad máximo inferior al genérico y que discurre por zonas habitadas durante varios kilómetros. Además, sólo dos vehículos disponen de esta marcha.

Cabe mencionar el escaso tiempo empleado en cambiar de marcha en este circuito comparado con el urbano, debiéndose a que se recurre en mucha menor proporción al cambio de marcha ya que en las autovías no se hace presente las continuas paradas y puestas en marcha que caracterizan a un circuito urbano.

Se muestra más detalladamente en la figura 122 el uso de las marchas. En general, en ningún vehículo se llega al 10% del tiempo empleado en el cambio de marcha y, salvo en el Opel Astra Gasolina, el uso de la primera marcha es casi nulo.

La utilización de la segunda marcha también es escasa, presente por las aceleraciones desde los carriles de incorporación y de salida a la autovía.

El uso de la tercera marcha supera el 20% del tiempo en recorrer el circuito de carretera sólo en dos vehículos: en el Seat Ibiza Diésel y en el Volkswagen Golf Diésel. Parece ser que en los vehículos Diésel se puede mantener la tercera marcha engranada durante más tiempo, quedándose al margen de esta situación el Audi A4 que al tener sexta marcha quedan los tiempos más repartidos entre todas las marchas de su caja de cambios.

Por otra parte, los vehículos en los que se utiliza durante más tiempo la cuarta marcha son los correspondientes a unas mejores prestaciones que el resto: el Audi A4 Diésel y el Mercedes C180 Gasolina. Quizás por tener unos motores de mayor potencia que permiten circular con esta marcha engranada durante un tiempo mayor.

Para la quinta marcha vemos cómo el Opel Astra Gasolina encabeza el uso de la misma. En este vehículo se aprecia la poca utilización del resto de las marchas comparado con la quinta, parece ser que el conductor/a engrana cada una de las marchas lo más rápido posible hasta llegar a la más alta. Como ya se ha comentado antes, la causa debe ser una caja de cambios con desarrollos más cortos de lo normal, quizás queriendo el fabricante dotar al vehículo de cierto carácter deportivo al tener una motorización gasolina.

Se presenta un caso especial en los vehículos que poseen sexta marcha. En ellos todo el tiempo que emplean en utilizar la quinta y sexta marcha supone el tiempo que emplean el resto de vehículos en utilizar únicamente la quinta. Como se aprecia en el gráfico, en el Audi A4 Diésel el uso de la sexta es idéntico al de la quinta superando esta el 20%. Sin embargo, en el Mercedes C180 Gasolina es únicamente un 13% el tiempo que se dedica a la utilización de esta marcha, lo que indica que para un vehículo como este con una potencia elevada parece que los conductores/as reservan el uso de esta marcha para circular a velocidades superiores que no han podido alcanzar en este circuito.

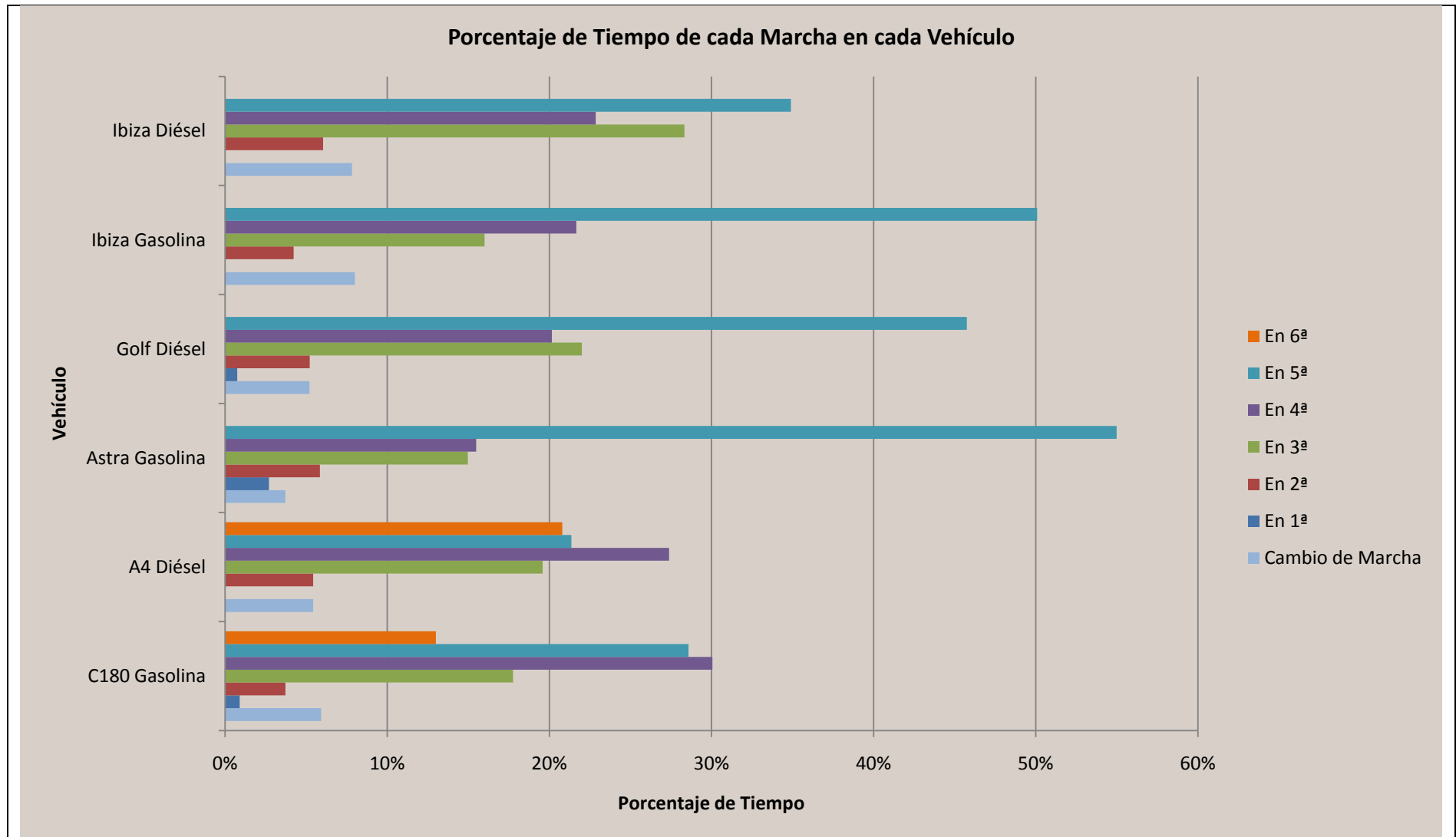


Figura 122. Porcentaje de Tiempo de cada Marcha en cada Vehículo en el Circuito Carretera.

Por último se puede ver el histograma de la aceleración longitudinal en la figura 123. Al igual que sucedía en el circuito urbano aquí encontramos que el intervalo de mayor aceleraciones se sitúa entre $-0,2$ y $0,2$ g. La diferencia radica en que se producen más aceleraciones entre $-0,1$ y $0,1$ g a costa de que se reducen las que se producen de $-0,2$ a $-0,1$ g y de $0,1$ a $0,2$ g.

Se debe a que en este circuito no se recurre a detener el vehículo ni a ponerlo en marcha desde parado que son las situaciones donde se dan aceleraciones más importantes, la conducción se hace más sosegada y relajada que la del circuito urbano.

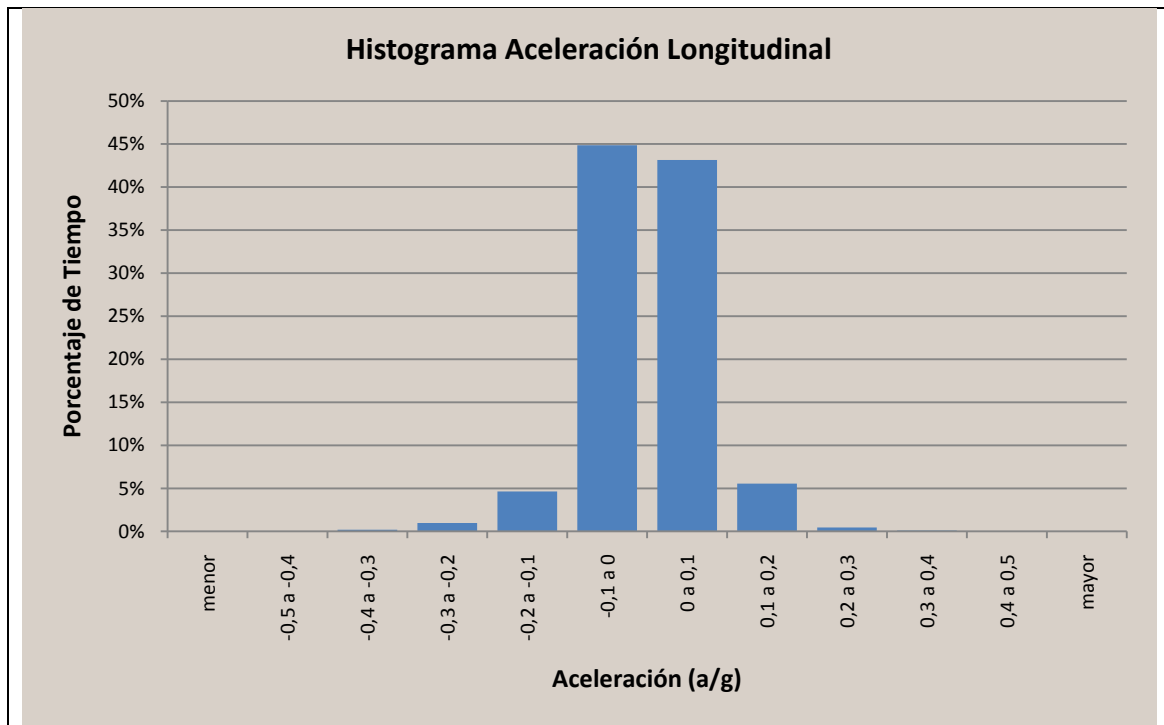


Figura 123. Porcentaje de Tiempo en cada Rango de Aceleraciones de todos los Conductores/as y de todos los Vehículos en el Circuito Carretera.

Por otra parte, las aceleraciones positivas (49,3 %) y negativas (50,7 %) están presentes, sobre el tiempo empleado en recorrer el circuito de carretera, de una forma mucho más idéntica con una diferencia mínima.

Mencionar, por lo tanto, que el grado de confort en el circuito de carretera se hace superior que en el urbano tanto se alejan las aceleraciones de $-0,3$ a $0,3$ g (aquí un 0,4 % del tiempo).

14. Conclusiones

Se podría pensar que cada conductor/a circula con su vehículo de forma diferente y exclusiva, pero son las características de la vía, la fluidez del tráfico, los límites de velocidad y el tipo de vehículo los que condicionan la manera de conducir en ámbitos generales. Si bien es cierto que se puede establecer una cierta homogeneidad entre todos los conductores analizados en la muestra y que nos servirá como base para el desarrollo del protocolo de ensayo. Esta homogeneidad queda rota por el conductor agresivo cuyas pautas se salen totalmente de los estándares encontrados para el resto de los conductores.

A la vista de los resultados obtenidos, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- A nivel global la población de conductores/as obtienen valores de los parámetros analizados bastante similares, independientemente del estado de la vía o de la hora en la que se han realizado los circuitos. Lo que parece indicar que todos se adaptan de forma idéntica a estas condiciones encontrando un punto óptimo que resulta parecido en todos los conductores/as.
- La conducción agresiva experimentada en el estudio consigue mejorar tiempos de recorrido, aumento de la velocidad media y aumento de la velocidad máxima. Pero no los mejora en un porcentaje lo suficientemente alto como para justificar la agresión medioambiental que este tipo de conducción supone con elevados regímenes de giro del motor y altos niveles de emisiones gaseosas y acústicas. Además, supone un importante riesgo para la seguridad vial al circular siempre por encima de los límites legales permitidos en mayor proporción y durante más tiempo que los conductores/as en sus conducciones relajadas.
- De forma general, se observa la poca utilidad que los conductores/as dan a las altas velocidades y a los altos regímenes de giro del motor tanto en el circuito de carretera como en el urbano (salvo la conducción agresiva).
- En cuanto a lo que se refiere a la forma de utilizar las marchas, en carretera se utiliza ampliamente la quinta marcha desde incluso los 90 km/h mientras que en el circuito urbano se recurre a la tercera y la segunda como marchas de principal uso.
- Cabe destacar la asombrosa poca utilidad del régimen de giro del motor correspondiente a la máxima potencia de los vehículos por parte de los conductores/as, circulando, sin embargo, en un intervalo de revoluciones en el que sí se encuentra el régimen de par motor máximo (entre 1500 y 2000 rev/min).
- Es destacable que un 30% del tiempo que un conductor/a tarda en recorrer un trayecto urbano el vehículo permanece parado. Independientemente del conductor/a y del vehículo este valor es similar en todos los ensayos.

Como conclusión final se puede destacar que el comportamiento de los conductores “normales” es muy similar tanto en la conducción urbana como en la extraurbana, pudiendo establecer unos valores promedio bien definidos, que pueden ser representativos de una conducción “normal” con independencia del vehículo utilizado.

15. Propuesta de Ensayo

De los resultados obtenidos en el circuito de carretera se puede extraer una forma de conducir aproximadamente uniforme en torno a un valor de velocidad característico de la vía y con la utilización de marchas elevadas: cuarta o quinta principalmente.

Ya se mencionaron las pruebas sobre consumo de carburante de la Directiva 80/1268/CEE. En la segunda prueba se mantiene el vehículo a una velocidad constante de 90 km/h y la tercera a 120 km/h . Por lo tanto, una propuesta de ensayo para homologar el ruido emitido por un vehículo automóvil a altas velocidades sería un fiel reflejo de estas dos que utiliza la mencionada directiva, teniendo en cuenta que esta sería la manera más apropiada para medir el ruido de rodadura que no se hace tan presente en el circuito urbano por darse a velocidades superiores a 50 ó 60 km/h .

De tal forma, para elaborar el ensayo urbano se tiene en cuenta que el régimen de giro del motor más utilizado es el correspondiente a par motor máximo. Pero la potencia máxima, y por lo tanto el régimen de giro correspondiente a la misma, es una característica fundamental de cualquier vehículo. No se podría dejar de lado puesto que es un factor que muchos conductores/as tienen en cuenta a la hora de adquirir su vehículo. Además, el régimen de giro correspondiente a la potencia máxima de un motor suele ser superior al de par máximo, por lo que se pueden encontrar niveles de emisión de ruido más elevados en regímenes de giro cercanos a éste. Así pues, también se tiene en cuenta un régimen de giro algo más elevado que el de par motor máximo para el ensayo propuesto sin llegar al de potencia máxima:

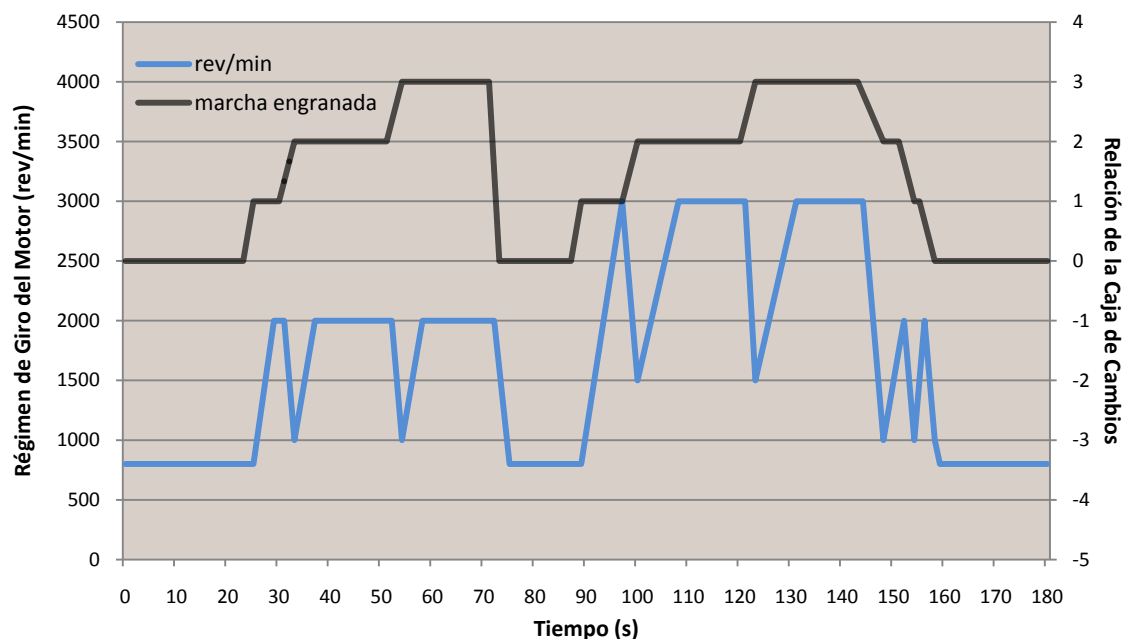


Figura 124. Propuesta de Ensayo.

Como muestra la figura 124 hay dos partes claramente diferenciadas. En la primera se comprobaría la emisión sonora en el régimen de giro del motor correspondiente al par máximo que, en un vehículo medio, estaría situado en torno a las 2000 rev/min .

La segunda parte es dedicada un régimen de giro más elevado que el anterior y muy utilizado por las conductores/as en el estudio: 3000 rev/min .

La utilización de la caja de cambios ha sido proporcionada por los resultados obtenidos en el presente estudio y, aunque algunos conductores/as han empleado la cuarta y en mucha menor medida la quinta marcha en el circuito urbano, aquí no han sido representada por haber sido la primera, la segunda y la tercera marcha las que más presencia han tenido en el recorrido urbano (figura 112).

Los estados de ralentí y cambio de marcha también son fruto de los resultados obtenidos.

Como puede verse, se emplea un tiempo medio para el cambio de marcha de 2 segundos. Se tiene en cuenta el tiempo que se tarda en acelerar hasta llegar a 2000 rev/min desde ralentí ó 1000 rev/min (4 segundos) y para volver a 1000 rev/min o ralentí desde 2000 rev/min (2 segundos).

Para acelerar desde ralentí hasta 3000 rev/min se emplean 8 segundos, desde 3000 rev/min hasta 1500 rev/min 3 segundos, desde 1500 rev/min hasta 3000 rev/min otros 8 segundos y para descender de 3000 rev/min hasta 1000 rev/min 4 segundos.

Todo ello es representado en la figura 124 con una repartición porcentual de las distintas fases que componen el circuito en función de los resultados, pero en un tiempo total de 3 minutos ó 180 segundos. Se opta por esta cantidad de tiempo al ser suficiente para realizar las mediciones sonoras para la homologación del ruido emitido por un vehículo.

Además, es un tiempo aceptable en el caso de poder reproducirlo a nivel estatal en estaciones de inspección técnica de vehículos para controlar las emisiones sonoras del parque automovilístico nacional.

16. Líneas Futuras de Investigación

El siguiente paso consistiría en continuar con el estudio de una conducción promedio y un nuevo ensayo tipo para la homologación del ruido emitido por vehículos de otras categorías.

En la misma línea de transporte de personas sería oportuno proseguir con autocares. Este tipo de vehículos poseen motores Diésel de alta cilindrada que se desplazan por el interior de las ciudades contribuyendo de forma importante a elevar los niveles de contaminación gaseosa y acústica y, por lo tanto, de la comodidad, confort y descanso de los habitantes de estas urbes. Además, son vehículos que trabajan durante numerosas horas al cabo del día lo que pone de manifiesto la gran relevancia y necesidad de controlar y reducir sus emisiones de ruido.

Después de finalizar el estudio de vehículos destinados al transporte de personas (categoría M) sería conveniente continuar con los dedicados al transporte de mercancías (categoría N). Estos vehículos tienen motores Diésel de alta cilindrada para poder desplazar el elevado peso del propio vehículo y de la mercancía que transporta siendo, generalmente, mayor peso que el generado por las personas en el interior de un autocar. Este factor provoca que los motores de este tipo de vehículos tengan una elevada potencia y un elevado par motor.

Los motores de grandes dimensiones no sólo emiten ruidos, también producen vibraciones de baja frecuencia que provocan molestias más acusadas en la población de las ciudades en comparación con un turismo convencional.

Así pues, es de vital importancia proseguir con los estudios de investigación necesarios para prosperar y progresar con la finalidad y necesidad de reducir los niveles de emisión sonora de todas las categorías y tipos de vehículos, continuando con el apoyo de instituciones y entidades privadas y públicas como el Ministerio de Ciencia e Innovación así como el esfuerzo e interés de investigadores del sector de la automoción como el grupo MECATRAM del departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Carlos III de Madrid.

17. Presupuesto

1.- Descripción del proyecto:

- Título: Propuesta de Ensayo para Homologar el Ruido Emitido por un Vehículo Automóvil
- Duración (meses): 12
- Tasa de Costes Indirectos: 21%

2.- Presupuesto Total del Proyecto:

151.784,42 Euros

3.- Desglose Presupuestario (Costes Directos):

Personal				
Apellidos y Nombre	Categoría	Dedicación (horas)	Coste hora (euros/hora)	Coste (euros)
Rodríguez Moreno, José Ángel	Investigador principal	1.280,00	50	64.000,00
Calvo Ramos, José Antonio	Conductor e Instrumentista	12,17	50	608,33
Álvarez Caldas, Carolina	Conductora	2,50	50	125,00
Quesada González, Alejandro	Conductor	5,00	50	250,00
Gauchía Babé, Antonio	Conductor	4,17	50	208,33
Olmeda Santamaría, Ester	Conductora	4,17	50	208,33
García-Pozuelo Ramos, Daniel	Conductor	1,67	50	83,33
Bernal Carretero, Virginia	Conductora	1,67	50	83,33
Beca Baulenas, Carlos José	Conductor y analista	57,50	50	2.875,00
Total				68.441,67

Equipos						
Descripción	Justificación	Coste (euros)	% Uso dedicado	Dedica- ción (meses)	Período de depre- ciación (meses)	Coste impu- table *(euros)
- Sistema de adquisición OBD	Registro de los datos del vehículo durante los ensayos de medida de contaminación acústica y las correspondientes correlaciones	8.000	100	12	12	8.000
- Sensor GPS		6.000	100	12	12	6.000
- PC portátil con sistema de adquisición para el registro de datos (IMC)		18.000	100	12	12	18.000
Total						32.000

*Fórmula del cálculo de la amortización:

$$\frac{A}{B} \times C \times D$$

A = nº de meses desde la fecha de facturación en que el equipo es utilizado

B = período de depreciación

C = coste del equipo (sin I.V.A.)

D = % del uso que se dedica al proyecto

Otros Costes Directos del Proyecto		
Descripción	Justificación	Coste imputable (euros)
- Combustible para los vehículos de ensayo y materiales fungibles	Material para adaptar y colocar los sensores, combustible, ofimática, etc.	4.000
- Mantenimiento licencia del software de adquisición y tratamiento de datos	Mantenimiento de la licencia del software para la adquisición y el tratamiento de los datos	6.000
- Alquiler de vehículos para ensayos	Gastos de alquiler de vehículos de diferentes categorías para realizar los ensayos y las correlaciones	3.000
- Alquiler pista de ensayos	Alquiler de una pista de ensayos cerrada al tráfico para poder realizar ensayos sin riesgo para la circulación	12.000
Total		25.000

4.- Resumen de Costes:

Presupuesto Costes Totales	Presupuesto Costes (euros)
Personal	68.441,67
Amortización	32.000,00
Costes de Funcionamiento	25.000,00
Costes Indirectos	26.342,75
Total	151.784,42

18. Bibliografía

- Affenzeller, J. and Rust, Al. Road traffic noise a topic for today and the future, VDA Technical Congress, Ingolstadt (Germany), (2005).
- Ayuntamiento de Madrid, Mapa Estratégico de Ruido de la Comunidad de Madrid, www.mambiente.munimadrid.es/opencms/opencms/calare/contAcustica/mapa_ruido_2006, (2006).
- André, M., et al. (1995), 'Driving Cycles for Emission Measurements Under European Conditions SAE Tech. Pap. 1995, No. 950926'.
- Austin, T. C., et al. (1993), 'Characterization of driving patterns and emissions from light-duty vehicles in California. Final report', Medium: X; Size: Pages: (304 p).
- Bachman, William, et al. (2000), 'Modeling regional mobile source emissions in a geographic information system framework', Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 8 (1-6), 205-29.
- Barlow, T., Joumard, R. , and Nemerlin, J. (1994), 'Comparison of calculated and measured noise and emissions from traffic in urban areas. Working Paper WP/VE/94.', (Crowthorne, Berkshire: Transport Research laboratory).
- Barth, M., Scora, G., and Younglove, T. (2003), 'Intelligent off-board management of vehicle operating parameters', Intelligent Transportation Systems, 2003. Proceedings. 2003 IEEE (1), 352-57 vol.1.
- Bendtsen, Hans (1996), 'Test of noise reduction of road surfaces', (Denmark: Road Directorate).
- (1998), 'Road traffic and noise - a textbook', (Denmark: Road Directorate).
- (1999), 'The Nordic prediction method for road traffic noise', The Science of The Total Environment, 235 (1-3), 331-38.
- Black, Frank M. (1991), 'Control of motor vehicle emissions-the U.S. experience', Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 21 (5 - 6), 373- 410.
- Brandmeyer, JE and Karimi, HA. (2000), 'Improved spatial allocation methodology for on-road mobile emissions', Journal of Air and Waste Management Association, 50, 972- 80.
- Clark, N. N., et al. (1994), 'Chassis Test Cycles for Assessing Emissions From Heavy Duty Trucks SAE Tech. Pap. 1994, No. 1994-94-1946.'.
- Cocker, David R., et al. (2004), 'Development and Application of a Mobile Laboratory for Measuring Emissions from Diesel Engines. 1. Regulated Gaseous Emissions', ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY, 38 (7), 2182-89.
- Ericsson, Eva (2000), 'Variability in urban driving patterns', Transportation Research Part D: Transport and Environment, 5 (5), 337-54.
- Frey, H.C., et al. (2001a), 'Measurement of OnRoad Tailpipe CO,NO, and HC Emissions Using a Portable Instrument', Annual AWMA Conference (Orlando, USA).
- (2001b), 'Emissions reductions through better traffic management: An empirical investigation based upon on-road measurements.', (USA: North Carolina Department of Transportation).
- (2003), 'On-road measurement of vehicle tailpipe emissions using a portable instrument', Journal of the Air & Waste Management Association 53, 992- 1002.

Hallmark, Shauna L., Guensler, Randall, and Fomunung, Ignatius (2002), 'Characterizing onroad variables that affect passenger vehicle modal operation', *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 7 (2), 81-98.

Holmén, Britt A. and Niemeier, Debbie A. (1998), 'Characterizing the effects of driver variability on real-world vehicle emissions', *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, (2), 117-28.

Jackson, Eric, et al. (2006), 'Driver and Road Type Effects on Light- duty Gas and Particulate Emissions', *TRB 85th Annual Meeting (Washington D.C.)*.

Jost, P., et al. (1992), 'Emission and Fuel Consumption Modelling Based on Continuous Measurements. Deliverable No. 7 of the Drive Project V 1053 Modelling of emissions and consumption in urban areas-MODEM, TÜV Rheinland', (Germany).

Joumard, R., et al. (2000), 'Influence of driving cycles on unit emissions from passenger cars', *Atmospheric Environment*, 34 (27), 4621-28.

Joumard, Robert, et al. (1995), 'Hot passenger car emissions modelling as a function of instantaneous speed and acceleration', *Science of The Total Environment*, 169 (1-3), 167-74.

Kean, A.J., Harley, R., and Kendall, G.R. (2003), 'Effects of Vehicle Speed and Engine Load on Motor Vehicle Emissions', *ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY*, 37 (17), 3739 - 46.

Kemper, G.D. (1985), 'Noise emissions from road vehicles and provisions for noise reductions', *Inter- Noise Proceeding (München, Germany)*, 93- 102.

Keulemans, Christina (2005), 'Sound power measurements on heavy vehicles to study propulsion noise', in Volvo (ed.), (Göteborg (Sweden): Volvo Trucks).

Lelong, Joel and Michelet, Roger (1999), 'Effect of the acceleration on vehicle noise emission', *The Journal of the Acoustical Society of America*, 105 (2), 1375.

Maldonado, H. (2001), 'Development of Heavy-Duty Truck Chassis Dynamometer Driving Cycles for Source Testing for Emissions Modeling', *11thCRCON-RoadVehicle Emissions Workshop (San Diego)*.

Norbeck, Joseph M. et al. (2001), 'Develop On-Road System for EmissionsMeasurement from Heavy-Duty Trucks', (Riverside, California: College of Engineering-Center for Environmental Research and Technology), 50.

Ochieng, Washington Y., Quddus, Mohammed A., and Noland, Robert B. (2004), 'Integrated positioning algorithms for transport telematics applications', *Institute of Navigation (ION) Annual Conference (California, USA)*.

Ochieng, Washington Y., et al. (2008), 'Technologies to Measure Indicators for Variable Road User Charging', *TRB 87th Annual Meeting (Washington D.C.)*.

Pierson, W.R. , Gertler, A.W. , and Bradow, R.L. (1990), 'Comparison of the SCAQS tunnel study with other on-road vehicle emission data', *Journal of the Air Waste Management Association*, 40, 1495- 504.

Rakha, Hesham , et al. (2004), 'Emission Model Development Using In-vehicle On-Road Emission Measurements', *Transportation Research Board 83 rd Annual Meeting (Washington D.C.)*.

Robertson, Sandy , et al. (1998), 'The effect of speed on noise, vibration and emissions from vehicles', in *VTT Communities & Infrastructure (ed.)*, (Finlad).

Ross, M. (1994), 'Automobile fuel consumption and emissions: effect of vehicle and driving characteristics', *Annu Rev Energy Environ* 19, 75- 112.

- Schauer, James J., et al. (2007), 'Source apportionment of airborne particulate matter using organic compounds as tracers', *Atmospheric Environment*, 41 (Supplement 1), 241-59.
- Sjödin, Ake, et al. (1998), 'On-road emission factors derived from measurements in a traffic tunnel', *International Journal of Vehicle Design* 20 (1-2-3-4), 147-58.
- Sjödin, Ake and Lenner, Magnus (1995), 'On-road measurements of single vehicle pollutant emissions, speed and acceleration for large fleets of vehicles in different traffic environments', *Science of The Total Environment*, 169 (1-3), 157-65.
- Tong, H.Y., Hung, W.T., and Cheung, C.S. (2000), 'On-road motor vehicle emissions and fuel consumption in urban driving conditions', *Journal of the Air & Waste Management Association*, 50 (4), 543-54
- TRB (2000), 'Modeling Mobile Source Emissions', in *Transportation Research Board and National Research Council (eds.)*, (Washington D.C.: National Academy Press), 239.
- Unal, A., et al. (2002), 'Hot Spot Analysis of Real World Vehicle Emissions based upon a Portable OnBoard Measurement System', *Annual Meeting of the AWMA (Baltimore, USA)*.
- Vlieger, I. (1997), 'On-board emission and fuel consumption measurement campaign on petrol - driven passenger cars', *Atmospheric Environment*, 31 (22), 3753-61.
- Vojtisek-Lom, M. and Cobb, J.T. (1997), 'Vehicle Mass Emission Measurement Using a Portable Five-Gas Exhaust Analyzer and Engine Computer Data', *Emission inventory: planning for the future conference*.
- Weijer, C.J.T. (1997), 'Heavy-duty emission factors, development of representative driving cycles and prediction of emissions in real life', (Eingereicht an der Fakultät für Maschinenbau der Technischen Universität Graz).
- Young, Troy M., et al. (1997), 'Measurement of Modal Activity Under Varying Traffic Conditions on California Freeways: Preliminary Results', *Transportation Research Board 76th Annual Meeting (Washington D.C.)*.